Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbu

IX. Band.

Dritte Abtheilung.

V.

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

LIBERTE ET PATRIE

Neunter Band.

Dritte Abtheilung.

V.

Mit Kupfertafeln XXXV bis XLII.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1840.

Digitized by Google

Digitized by Google

V.

V a n a d.

Vanadium; Vanadium; *Vanadium;* früher von del Rio entdeckt, dann durch Sefström, der erst seine Eigenthümlichkeit bestimmt erwies; findet sich im vanadsauren Bleioxyd, einem dem chromsauren Bleioxyd höchst ähnlichen Mineral, und in kleiner Menge in gewissen schwedischen Eisenerzen; ist dem Molybdän und Chrom sehr nahe verwandt, ein fast silberweiſses, sprödes, sehr strengflüssiges Metall.

Das *Vanadsuboxyd* (68,5 Vanad auf 8 Sauerstoff) ist dunkelgrau, im Essenfeuer nicht schmelzbar, guter Leiter der Elektricität und noch elektronegativer als Platin. Das *Vanadoxyd* (68,5 Vanad auf 16 Sauerstoff) stellt ein schwarzes Pulver dar; bildet ein grauweiſses Hydrat; löst sich mit blauer Farbe in Säuren, daraus durch Ammoniak mit brauner, durch fixe Alkalien mit grauweiſser, durch hydrothionsaure Alkalien mit braunschwarzer, durch blausaures Eisenoxydulkali mit gelber und durch Galläpfeltinctur mit schwarzblauer Farbe fällbar; vereinigt sich mit Salzbasen zu dunkelbraunen Verbindungen, von denen sich bloſs die mit den löslichern Alkalien im Wasser lösen, und zwar mit brauner Farbe. — Die *Vanadsäure* (68,5 Vanad auf 24 Sauerstoff) ist ein gelbrothes, lackmusröthendes, geschmackloses Pulver, bei anfangendem Glühen schmelzend und dann beim Erkalten unter Feuerentwicklung zu einer gelbrothen, durchscheinenden, krystallinischen Masse erstarrend. Sie löst sich in 1000 kaltem Wasser mit gelber, viel leichter aber mit theils gelber, theils rother Farbe in stärkeren Säuren. Ihre Verbindungen mit Salzbasen sind im neutralen Zustande gelb oder weiſs, im sauren theils gelb, theils morgenroth. Die meisten vanadsauren Salze lösen sich in Wasser, nur wenige in Weingeist.

Digitized by Google

Das *Dreifach-Chlor-Vanad* ist eine hellgelbe, erst über 100° siedende Flüssigkeit; das *Doppelt-Schwefel-Vanad* ist eine schwarze, das *Dreifach-Schwefel-Vanad* eine braune zerreibliche Masse.

G.

Variation des Mondes.

So wird eine der groſsen Ungleichheiten der Bewegung des Mondes genannt, die schon oben[1] im Allgemeinen besprochen worden ist. Man schreibt ihre Entdeckung, so wie auch die der *jährlichen Gleichung des Mondes* dem Tycho Brahe zu, während die viel gröſsere *Evection* von Ptolemäus entdeckt und die gröſste unter allen diesen Störungsgleichungen des Mondes, die sogenannte *Gleichung des Mittelpuncts*, schon dem Hipparch, der 270 Jahre vor Ptolemäus, im 140sten Jahre vor Chr. G. lebte, bekannt gewesen seyn muſs.

Zur bequemeren Uebersicht dieser vier gröſsten Perturbationen des Mondes wollen wir sie vorerst nach ihren bei den Astronomen gewöhnlichen Ausdrücken zusammenstellen. Bezeichnet man durch m die mittlere Anomalie des Mondes und durch M die der Sonne, so wie durch a die mittlere Länge des Mondes weniger der mittlern Länge der Sonne, so ist die Gleichung des Mittelpuncts des Mondes

$$(6^\circ\,16')\,\mathrm{Sin.}\,m + (0^\circ\,12'\,50'')\,\mathrm{Sin.}\,2m,$$

die Evection

$$(1^\circ\,16')\,\mathrm{Sin.}\,(2a - m),$$

die Variation

$$(0^\circ\,39')\,\mathrm{Sin.}\,2a,$$

endlich die jährliche Gleichung

$$-(0^\circ\,11')\,\mathrm{Sin.}\,M,$$

und diese Glieder müssen, mit Rücksicht auf ihre Zeichen, zu der mittleren Länge des Mondes addirt werden, um die *wahre Länge* desselben für jede gegebene Zeit zu finden.

Was nun zunächst die hier in Rede stehende *Variation* betrifft, so weiſs man erst seit wenigen Jahren, daſs der erste Entdecker derselben nicht, wie man bisher allgemein geglaubt

1 S. Art. *Mond*. Bd. VI. S. 2362.

Digitized by Google

hat, Tycho Brahe (der im J. 1601 starb) gewesen ist, sondern daſs diese Ungleichheit schon volle sechs Jahrhunderte früher von dem arabischen Astronomen Abul Wefa aus seinen eigenen Beobachtungen des Monds erkannt worden ist. Dieser Astronom hatte um die Jahre 970 bis 980 in Bagdad beobachtet. Von seinem Werke, das er, wie Ptolemäus das seinige, Almagest betitelt hatte, wird noch ein groſser Theil des Manuscripts in der k. Bibliothek zu Paris aufbewahrt, und darin sagt er in der Sect. IX, nachdem er die zwei anderen Ungleichheiten, die Mittelpunctsgleichung und die Evection, beschrieben hat: „Betrachtet man diejenigen Fälle, wo der Mond in seiner Erdnähe oder Erdferne ist, wo demnach die Wirkung jener zwei ersten Ungleichheiten verschwindet, so findet man aus den Beobachtungen des Monds, daſs er jedesmal, wo er im Gedrittschein oder im Gesechstschein mit der Sonne steht, um $1\frac{1}{4}$ Grade von seinem berechneten Orte absteht. Ich folgere daraus, daſs diese Ungleichheit ganz unabhängig von jenen beiden andern ist, und das kann nur geschehen, wenn der Diameter des Epicykels in Beziehung auf den Mittelpunct des Thierkreises verschieden ist.“ Unter Mittelpunct des Zodiacus wird hier der Mittelpunct des Planetensystems, d. h. nach ihm, der Mittelpunct der Erde verstanden. Diese Erklärung der neuen Ungleichheit, die Abul Wefa gefunden hat, zeigt deutlich, daſs damit diejenige gemeint sey, die später Tycho Brahe, ohne Zweifel ebenfalls aus seinen eigenen Beobachtungen und ohne von der Entdekkung des arabischen Astronomen etwas gehört zu haben, gefunden und durch die Benennung der *Variation* bezeichnet hat[1].

Betrachtet man die Werthe dieser Gleichung

$$x = (39')\ \text{Sin.}\,2a$$

und ihres Differentials

$$\partial x = (78')\ \text{Cos.}\,2a$$

für die acht Hauptpuncte der Peripherie der Mondbahn, so erhält man folgende kleine Tafel:

---

1 Man s. hierüber Sedillot's Nouvelles recherches sur l'hist. de l'Astron. chez les Arabes, in dem Nouveau Journal Asiatique 1836.

Digitized by Google

a	x	∂x	Mondphasen
0°	0′	+78′	Neumond
45	+39′	0	I. Octant
90	0	−78	Erst. Viertel
135	−39	0	III. Octant
180	0	+78	Vollmond
225	+39	0	V. Octant
270	0	−78	Letzt. Viert.
315	−39	0	VII. Octant
360	0	+78	Neumond

Da nun x die Correction der mittleren Länge ausdrückt, so kann das Differential ∂x dieser Gröſse die Correction der Geschwindigkeit bezeichnen. Man sieht daher aus dieser Tafel, daſs die Variation x des Monds im I. und V. Octanten den gröſsten positiven, im III. und VII. den gröſsten negativen Werth hat und im Neumond, Vollmond und dem ersten und letzten Viertel gänzlich verschwindet. Die Geschwindigkeit des Monds aber hat im Neu- und Vollmond den gröſsten positiven, im ersten und letzten Viertel den gröſsten negativen Werth, ihren mittleren Werth endlich hat sie in dem I., III., V. und VII. Octanten. Der Mond bewegt sich demnach, in Beziehung auf die Variation, am geschwindesten im Neu- und Vollmond, und am langsamsten in dem ersten und letzten Viertel, daher ist auch der Mond hinter seinem mittleren Orte zurück vom ersten Viertel bis zum Vollmond, und vor ihm voraus vom Vollmond bis zum letzten Viertel[1].

Bemerken wir noch, daſs diese Entdeckung des Abul Wefa wohl die einzige wahrhaft wissenschaftliche Bereicherung der Astronomie ist, die wir den Arabern verdanken, und daſs selbst diese noch Manches zu wünschen übrig läſst. Abul Wefa hatte wohl die Existenz einer solchen Ungleichheit, aber weder ihre Gröſse, noch auch ihr Gesetz gefunden. Auch

1 Eine nähere Erklärung der Variation und der übrigen groſsen Störungen des Mondes findet man in Littrow's popul. Astron. Bd. I. S. 264. und in desselben: Elemente der phys. Astron. Wien 1827. S. 340.

Digitized by Google

scheint sie die Aufmerksamkeit seiner Zeitgenossen nicht erregt zu haben, da kein anderer Schriftsteller dieselbe erwähnt und da sie volle sechs Jahrhunderte einer gänzlichen Vergessenheit übergeben wurde. Die Araber waren die Träger und Erhalter der Wissenschaften im Mittelalter, aber nicht die Beförderer und Erweiterer derselben. Sie begnügten sich, die Uebersetzer und Commentatoren der Griechen zu seyn, über die sie sich ebenso wenig, als die ihnen folgenden scholastischen Philosophen, heraus gewagt haben.

L.

Variation der Parameter.

Die Lehre von der Variation der Parameter (d. h. von den Veränderungen, welche die sogenannten constanten Gröſsen einer Gleichung unter gegebenen Verhältnissen annehmen können) ist zu sehr eine der wichtigsten Anwendungen der höheren Analysis auf die Astronomie und auf die Physik im Allgemeinen, als daſs sie hier nicht wenigstens kurz angezeigt werden sollte. Wir haben bereits oben[1] mehrere sehr merkwürdige, hierher gehörende Fälle betrachtet, und wir werden auch weiter unten[2] dieselbe Methode auf die Bewegung der Planeten unter der Voraussetzung anwenden, daſs sie sich *in einem* widerstehenden Mittel bewegen.

Man nimmt gewöhnlich an, daſs diese Methode zuerst gebraucht *worden sey*, um die sogenannten *Säcular-Störungen* der Planeten *zu bestimmen*[3]. In der That bestehen diese Störungen in den Aenderungen, welche (nicht der Planet in seiner Bahn, sondern) diese Planetenbahn selbst durch die Einwirkung äuſserer Kräfte erfährt. Durch diese letzteren werden nämlich nicht nur die Planeten in ihrer Bahn verrückt (worin bekanntlich die periodischen Störungen bestehen), sondern auch die Elemente dieser Bahnen (die Excentricität, *Neigung*, Knotenlinie u. s. w.), die man gewöhnlich als constant ansieht, werden dadurch allmälig verändert, und es ist für sich klar, daſs die Kenntniſs dieser Aenderungen für die

1 S. Art. *Umhüllung.*
2 S. Art. *Widerstand.* Letztes Cap.
3 S. Art. *Perturbationen.* Bd. VII. S. 440.

Digitized by Google

Astronomie vom gröſsten Interesse seyn muſs. Der Erste, der die Variationen dieser Elemente der Rechnung zu unterwerfen suchte, war der groſse Leonhard Euler, der diesen Gegenstand in einem Mémoire von d. J. 1749 und später 1756 wiederholt sehr umständlich untersuchte. Zehn Jahre später hat Lagrange die Methode der Variation der *Parameter* (wie man diese sonst als constant betrachteten Gröſsen zu nennen pflegt) auf bestimmte Vorschriften zurückgeführt, die dann von Laplace im J. 1773 weiter ausgebildet worden sind[1]. Allein die erste Idee, die auf dieses Verfahren führte, hat einen viel früheren Ursprung, indem schon Leibnitz[2] sich desselben zur Auflösung eines Problems bediente, das späterhin für die Integralrechnung sehr wichtig geworden ist und Gelegenheit zu der Kenntniſs der sogenannten *solutions particulières* der Differentialgleichungen gegeben hat. Leibnitz suchte nämlich die Curve, deren Normalen sich wie die Quadratwurzeln aus der Summe der Abscisse und der Subnormale verhalten. Um diese Curve zu finden, betrachtet er sie als entstanden durch die auf einander folgenden Durchschnitte von Kreisen, deren Mittelpuncte alle auf der geradlinigen Axe der x liegen. Die Halbmesser dieser Kreise sind dann die Normalen der gesuchten Curve, und die Summe der Abscisse und Subnormale wird gleich der Abscisse des Mittelpuncts seyn. Heiſst also α die Abscisse des Mittelpuncts und r der Halbmesser des Kreises, so ist die Gleichung desselben

$$y^2 + (x - \alpha)^2 = r^2,$$

und da nach der Bedingung der Aufgabe

$$r^2 = b \cdot \alpha$$

ist, wo b eine constante Gröſse bezeichnet, so hat man für die Gleichung dieses veränderlichen Kreises

$$y^2 + (x - \alpha)^2 = b \cdot \alpha.$$

In dieser Gleichung läſst Leibnitz bloſs die constante Gröſse α variiren, wodurch er erhält

$$\alpha = x + \tfrac{1}{2} b,$$

und indem er diesen Werth von α in der vorhergehenden Gleichung substituirt, findet er

$$y^2 = b x + \tfrac{1}{4} b^2,$$

1 S. Laplace Mécanique céleste. Liv. XV. p. 305. 310.

2 Acta Eruditorum. Lips. 1694.

Digitized by Google

und dieses ist die bekannte Gleichung der Apollonischen Parabel. In der That giebt die letzte Gleichung für die Normale, wenn $\partial s^2 = \partial x^2 + \partial y^2$ ist,

$$\frac{y\,\partial s}{\partial x} = \sqrt{b}.\sqrt{\tfrac{1}{2}b + x}$$

und für die Subnormale

$$\frac{y\,\partial y}{\partial x} = \tfrac{1}{2}b,$$

so daſs also die Summe von $\frac{1}{2}b$ und x dem Quadrate der Normale proportional ist, wie dieses die Aufgabe fordert.

Allein dieser sinnreiche und für seine Zeit kühne Versuch des Leibnitz führte ihn eigentlich auf einen Abweg und er hätte nicht die Parabel, sondern eigentlich den Kreis finden sollen, da der letztere die allgemeine Auflösung seines Problems, die erstere aber nur eine specielle Auflösung desselben enthält. Dieses Problem wird nämlich durch die Differentialgleichung ausgedrückt

$$\frac{y\,\partial s}{\partial x} = \sqrt{b.\left(x + \frac{y\,\partial y}{\partial x}\right)},$$

die man auch so darstellen kann

$$\frac{b - \dfrac{2y\,\partial y}{\partial x}}{2\sqrt{bx - y^2 + \frac{1}{4}b^2}} + 1 = 0,$$

und von *diesem* Ausdrucke ist das vollständige Integral

$$C - x = \sqrt{bx - y^2 + \tfrac{1}{4}b^2} \;\ldots\; (1)$$

wo C die Constante der Integration bezeichnet. Diese Gleichung (I) gehört aber für einen Kreis, dessen Halbmesser

$$\sqrt{b(\tfrac{1}{2}b + C)}$$

und dessen Coordinaten des Mittelpuncts

$$X = \tfrac{1}{2}b + C \text{ und } Y = 0,$$

sind. Setzt man aber $C = \alpha - \frac{1}{2}b$, wo α eine andere Constante bezeichnet, so geht die Gleichung (I) in folgende über

$$y^2 + (x - \alpha)^2 = b.\alpha,$$

die Gleichung des Kreises, dessen Halbmesser gleich $\sqrt{b.\alpha}$ und dessen Abscisse des Mittelpuncts gleich α ist. Dieser Kreis also ist es, der die Aufgabe des Leibnitz in ihrer ganzen Allgemeinheit auflöst, während die von ihm und auch von Joh. Bernoulli gefundene Parabel nur einen besondern

Digitized by Google

Fall dieser Auflösung giebt, aber dafür, wie gesagt, den wichtigen Vortheil für sich anspricht, daſs sie auf die Methode der Variation der Parameter geführt hat.

Durch diese Methode lassen sich viele Probleme, die sonst für verwickelt gehalten wurden, auf eine sehr einfache Weise auflösen. Wir wollen dieses hier nur an einigen leichteren Beispielen zeigen.

I. Eine gerade Linie bewege sich so, daſs ihr senkrechter Abstand von dem Anfangspuncte der Coordinaten immer gleich einer constanten Gröſse R ist. Man suche die Curve, welche von den auf einander folgenden Durchschnittspuncten dieser beweglichen Geraden mit sich selbst entsteht, oder, was dasselbe ist, man suche diejenige Curve, zu welcher jene Gerade in allen ihren Lagen immer eine Tangente ist.

Bezeichnet man durch α den Winkel der Geraden mit der Axe der x, so hat man für die Gleichung der Geraden, in irgend einer ihrer Lagen,

$$x \,\text{Sin.}\, \alpha + y \,\text{Cos.}\, \alpha = R.$$

Das Differential dieses Ausdrucks in Beziehung auf α giebt

$$\text{Tang.}\, \alpha = \frac{x}{y},$$

und wenn man diesen Werth von α in der vorhergehenden Gleichung substituirt, so erhält man

$$x^2 + y^2 = R^2$$

für die Gleichung der gesuchten Curve, die also ein Kreis ist, wie sich dieses leicht voraussehen lieſs.

II. Eine Gerade bewege sich so, daſs die Summe ihrer Entfernungen vom Anfangspuncte der Coordinaten, in der Axe der x und der y gezählt, immer gleich einer Constante c sind. Um die Curve zu finden, welche von jener beweglichen Geraden in allen ihren Puncten berührt wird, hat man, wenn a die Entfernung der Geraden vom Anfangspuncte in der Richtung der Axe der x, und b in der Richtung der y ist, für die Gleichung der beweglichen Geraden

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1,$$

und da, nach der Bedingung der Aufgabe, $a + b = c$ ist, so ist auch die Gleichung dieser Geraden

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{c - a} = 1 \quad \ldots . \quad \text{(II)}$$

Digitized by Google

Das Differential dieses Ausdrucks in Beziehung auf a aber giebt

$$a = \frac{1}{2}(c + x - y),$$

und wenn man diesen Werth von a in der Gleichung (II) substituirt, so erhält man

$$(y-x)^2 - 2c(x+y) + c^2 = 0$$

für die Gleichung der gesuchten Curve, die demnach eine Parabel ist.

III. Bewegt sich endlich die gerade Linie, deren Gleichung

$$y = ax + b$$

ist, so, daſs dabei immer $b = c.a^n$ ist, wo c und n constante Gröſsen bezeichnen, so findet man durch dasselbe Verfahren für die Curve, die in allen ihren Puncten von jener beweglichen Geraden berührt wird, die Gleichung

$$y = x.\left(\frac{x}{cn}\right)^{\frac{1}{n-1}} + c.\left(-\frac{x}{cn}\right)^{\frac{n}{n-1}} \dots \quad \text{(III)}$$

Für den besondern Fall $n = 2$ geht die Gleichung (III) über in

$$y = -\frac{x^2}{4c}$$

und für den Fall $n = -1$ erhält man $y^2 = 4cx$, so daſs also in beiden Fällen die Curve eine Parabel ist. Für $n = -2$ erhält man

$$y^3 = \frac{27}{4}cx^2,$$

also die Neil'sche Parabel, und für $n = \frac{1}{2}$ endlich

$$4xy + c^2 = 0,$$

also die Hyperbel u. s. w. Weitere Ausführungen dieses interessanten Gegenstandes müssen einem anderen Orte vorbehalten bleiben.

L.

Digitized by Google

Variationsrechnung.

Die Variationsrechnung wird gewöhnlich als der höchste und schwierigste Theil der mathematischen Analysis angesehen. Eine vollständige Darstellung derselben liegt nicht in den Grenzen unseres Werkes und man wird sie in den unten angezeigten Schriften finden. Eine allgemeine Kenntniſs ihres vorzüglichsten Theiles aber ist dem Physiker in unseren Tagen unentbehrlich, daher dieselbe hier in möglichster Kürze und Deutlichkeit mitgetheilt werden soll.

In der Differentialrechnung wird bekanntlich vorausgesetzt, daſs die Abhängigkeit der Differentiale ∂x, ∂y, ∂z.. der veränderlichen Gröſsen x, y, z.. während des ganzen Verlaufes der Rechnung stets dieselbe bleibe. Die Gleichung des Kreises z. B. vom Halbmesser r ist

$$x^2 + y^2 = r^2.$$

Von dieser Gleichung ist das Differential

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -\frac{x}{y},$$

und so lange die Rechnung bei dieser krummen Linie stehen bleibt, wird immer vorausgesetzt, daſs das Verhältniſs der beiden Differentiale ∂y und ∂x gleich sey der Gröſse $\frac{x}{y}$, weil eben durch diese Voraussetzung der Kreis ganz ebenso charakteristisch bezeichnet wird, wie durch seine endliche Gleichung $x^2 + y^2 = r^2$ selbst. Allein es giebt auch andere Untersuchungen, in welchen sich diese Abhängigkeit, dieses Verhältniſs der Differentiale, der Natur der Aufgabe gemäſs, ändert, oder in welchen dieses Verhältniſs erst gesucht werden soll. Wenn man z. B. unter allen geschlossenen krummen Linien, die eine gegebene constante Fläche einschlieſsen, die kürzeste oder diejenige sucht, deren Peripherie die kleinste ist, so ist hier, wo die krumme Linie, welche diese Eigenschaft hat, noch gesucht wird, das Verhältniſs $\frac{\partial y}{\partial x}$ zwischen den Differentialen ihrer Coordinaten selbst noch unbekannt. Da nun das Differential des Bogens jeder Curve durch $\sqrt{\partial x^2 + \partial y^2}$ ausgedrückt wird, so reducirt sich hier das

Digitized by Google

Problem eigentlich auf die Bestimmung des Falls, in welchem das Integral

$$\int \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2} \text{ oder } \int \partial x . \sqrt{1 + \frac{\partial y^2}{\partial x^2}}$$

ein Kleinstes ist. Wollte man ebenso unter allen Curven von gegebener Länge diejenige finden, welche den gröſsten Raum einschlieſst, so würde man, da $y \partial x$ das bekannte Differential der Fläche ist, diejenige Curve zu suchen haben, für welche das Integral

$$\int y \partial x$$

ein Gröſstes ist, und so fort in allen anderen Fällen. Man sieht daraus, daſs sich diese Probleme, zu deren Auflösung man die Variationsrechnung eigentlich erfunden hat, auf die folgende allgemeine Aufgabe bringen kann.

I. Sey U irgend eine Function von x, y und z und von den Differentialen dieser Gröſsen, wo, wie bei den Curven von doppelter Krümmung, die Gröſsen y und z als Functionen von x angenommen werden. Man suche dasjenige Verhältniſs oder diejenige Gleichung zwischen x, y und z auf, für welche das Integral

$$\int U \partial x$$

ein Maximum oder ein Minimum wird.

Man setze der Kürze wegen

$$\begin{array}{lcl} \partial y = p \partial x & \text{und ebenso} & \partial z = p' \partial x \\ \partial p = q \partial x & - \quad - & \partial p' = q' \partial x \\ \partial q = r \partial x \text{ u. s. w.} & - \quad - & \partial q' = r' \partial x \text{ u. s. w.} \end{array}$$

Da nun, nach der Voraussetzung, U eine Function von $y, z, p, p', q, q' \ldots$ ist, so kann man für ∂U den Ausdruck annehmen

$$\begin{array}{l} \partial U = N \partial y + P \partial p + Q \partial q + R \partial r \\ \quad + N' \partial z + P' \partial p' + Q' \partial q' + R' \partial r' + \ldots \quad (I) \end{array}$$

wo demnach ∂U das gewöhnliche *Differential* der Gröſse U *bezeichnet*, wie es in der Differentialrechnung gebraucht zu werden pflegt.

II. Sehen wir nun zu, wie man die *Variation* dieser Gröſse, unserer neuen Rechnung gemäſs, ausdrücken soll.

Zu diesem Zwecke drücke MM′ diejenige Curve aus, für Fig. welche das Integral $\int U \partial x$ ein Gröſstes oder ein Kleinstes seyn 240.

Digitized by Google

soll. Um dieser Bedingung zu genügen, muſs vor allem untersucht werden, welchen Einfluſs eine Aenderung in dem Verhältniſs zwischen x und y, d. h. in der Natur der Curve, auf das Integral $\int U \partial x$ hat. Bei dieser Untersuchung wird man aber offenbar die Gröſse y, unabhängig von x, sich ändern lassen müssen, da, wenn man zwei Curven betrachtet, zu derselben Abscisse $AP = x$ zwei Ordinaten PM und Pm gehören. Die Differenz Mm dieser zwei Ordinaten muſs aber von den Differenzen RM′ und rm′ wohl unterschieden werden, da diese letzteren zwischen zwei nächstfolgenden Ordinaten derselben Curve statt haben (und daher zur gewöhnlichen Differentialrechnung gehören), während die erste Differenz Mm zu dem Uebergange von einer Curve zur andern (d. h. zur Variationsrechnung) gehört. Wir wollen daher diese beiden Gattungen von Differenzen, die wir übrigens beide unendlich klein annehmen, durch besondere Zeichen unterscheiden.

Man ziehe also mr mit MR und ebenso ms mit MM′ parallel, wo MM′ und mm′ die geradlinigen Sehnen der Bogen dieser beiden Curven bezeichnen. Ist nun, wie in der Differentialrechnung, $M'R = sr = \partial y$ das *Differential* der Ordinate $PM = y$ in derselben Curve MM′, so soll $Mm = \delta y$ die *Variation* von derselben Ordinate $PM = y$ für den Fall seyn, daſs man von der einen Curve MM′ zu der ihr nächstfolgenden mm′ übergeht.

Dieses vorausgesetzt hat man

$$P'M' = y + \partial y \text{ und } Pm = y + \delta y.$$

Geht man dann von dem Puncte M in der ersten Curve zu dem Puncte m′ der zweiten Curve über, so erhält man

$$\begin{aligned} P'm' &= Pm + rs + sm' \\ &= y + \delta y + \partial y + \delta \partial y \\ &= y + \partial y + \delta.(y + \partial y). \end{aligned}$$

Da aber, wie man vorausgesetzt hat, der Punct m′ der dem m nächstfolgende in der Curve mm′ ist, so hat man ebenso

$$\begin{aligned} P'm' &= y + \delta y + \partial y + \partial \delta y \\ &= y + \delta y + \partial.(y + \delta y). \end{aligned}$$

Vergleicht man diese beiden Ausdrücke von P′m′, so erhält man

$$\delta \partial y = \partial \delta y$$

und in diesem einfachen Ausdrucke ist der Hauptgrundsatz der

Variationsrechnung enthalten, der sich auf folgende Weise mit Worten ausdrücken läſst: *die Variation des Differentials ist gleich dem Differential der Variation, oder die beiden Zeichen* ∂ *und* δ *lassen sich willkürlich versetzen.* Daraus folgt sofort, daſs man auch hat

$$\delta \partial^2 y = \partial \delta \partial y = \partial^2 \delta y,$$

so wie

$$\delta \partial U = \partial \delta U \text{ u. s. w.}$$

Dieselbe analoge Versetzung der Zeichen hat auch für die Integralausdrücke statt, denn ist $\int U \partial x = V$, so ist auch $\partial V = U \partial x$ und $\delta . \partial V = \delta . U \partial x$. Wenn man aber in $\delta \partial V$ nach dem Vorhergehenden die Zeichen δ und ∂ versetzt, so ist auch

$$\partial \delta V = \delta . U \delta x$$

oder, wenn man integrirt,

$$\delta V = \int \delta . U \partial x.$$

Stellt man aber in dem letzten Ausdrucke den Werth von $V = \int U \partial x$ wieder her, so erhält man

$$\delta . \int U \partial x = \int \delta . U \partial x,$$

so daſs sich also auch die Zeichen δ und $\int$ ganz ebenso, wie zuvor die Zeichen δ und ∂, unter einander versetzen lassen.

III. Gehen wir nun nach dieser kleinen Digression wieder zu der letzten Gleichung in (I) zurück, so hat man, wenn man die Variationen von y und z durch δy und δz bezeichnet,

$$\delta . \int U \partial x = \int \delta . U \partial x.$$

Da aber, wie man aus den oben gegebenen ersten Begriffen einer Variation sieht, für dieselben ganz die nämlichen Vorschriften, wie für die Differentialrechnung gelten, so ist

$$\delta . U \partial x = U . \delta \partial x + \partial x \delta U,$$

und da überdieſs

$$\int U . \delta \partial x = U \delta x - \int \delta x . \partial U,$$

so hat man auch

$$\delta . \int U \partial x = U \delta x - \int \delta x . \partial U + \int \partial x \delta U.$$

Betrachtet man aber anfangs, der Kürze wegen, die Gröſse U bloſs als eine Function von x und y und von ihren Differentialen, so ist $z = p' = q' \ldots = 0$, und wenn man den oben gegebenen Werth von $\partial U = N \partial y + P \partial p + \ldots$, so wie den Werth von $\delta U = N \delta y + P \delta p + \ldots$ in der letzten Gleichung substituirt, so erhält man

Digitized by Google

$$\delta.\int U\partial x = U\delta x + \int N\partial x(\delta y - p\delta x) + \int P\partial.(\delta y - p\delta x) + \int Q\partial.(\delta p - q\delta x) + \ldots$$

Um diesen Ausdruck abzukürzen, sey $\omega = \delta y - p\delta x$, so ist

$$\delta p - q\delta x = \frac{\partial\omega}{\partial x},$$

$$\delta q - r\delta x = \frac{1}{\partial x}.\partial\frac{\partial\omega}{\partial x} \text{ u. s. w.}$$

also ist auch

$$\delta.\int U\partial x = U\partial x + \int N\omega\partial x + \int P\partial\omega + \int Q\partial\frac{\partial\omega}{\partial x} + \int R\partial\frac{1}{x}.\partial\frac{\partial\omega}{\partial x} + \ldots$$

Integrirt man aber diese Ausdrücke theilweise, so ist

$$\int Q\partial\frac{\partial\omega}{\partial x} = Q\frac{\partial\omega}{\partial x} - \frac{\partial Q}{\partial x}.\omega + \int\omega\partial\frac{\partial Q}{\partial x},$$

$$\int R\partial\frac{1}{x}.\partial\frac{\partial\omega}{\partial x} = \frac{R}{\partial x}\partial\frac{\partial\omega}{\partial x} - \frac{\partial R}{\partial x}.\frac{\partial\omega}{\partial x} + \frac{1}{\partial x}\partial\frac{\partial R}{\partial x}\omega - \int\omega\partial\frac{1}{x}.\partial\frac{\partial R}{\partial x} \text{ u. s. w.}$$

Substituirt man endlich diese Ausdrücke in der vorhergehenden Gleichung, und bemerkt man, daſs, wenn z nicht Null ist, man noch einen zweiten, dem vorigen ganz ähnlichen Ausdruck erhält, in welchem man bloſs $N P Q \ldots$ in $N' P' Q' \ldots$ und $\omega = \delta y - p\delta x$ in die Gröſse $\omega' = \delta z - p'\delta x$ verwandeln darf, so erhält man für die vollständige Variation des gegebenen Ausdrucks, wenn, wie gewöhnlich, das Differential ∂x constant angenommen wird,

$$\begin{aligned}\delta.\int U\partial x = & \int\omega\partial x\left(N - \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \frac{\partial^3 R}{\partial x^3} + \ldots\right) \\ & + \int\omega'\partial x\left(N' - \frac{\partial P'}{\partial x} + \frac{\partial^2 Q'}{\partial x^2} - \frac{\partial^3 R'}{\partial x^3} + \ldots\right) \\ & + U\delta x + \omega\left(P - \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial^2 R}{\partial x^2} - \ldots\right) \\ & + \omega'\left(P' - \frac{\partial Q'}{\partial x} + \frac{\partial^2 R'}{\partial x^2} - \ldots\right) \\ & + \frac{\partial\omega}{\partial x}\left(Q - \frac{\partial R}{\partial x} + \ldots\right) + \frac{\partial\omega'}{\partial x}\left(Q' - \frac{\partial R'}{\partial x} + \ldots\right) + \frac{\partial^2\omega}{\partial x^2}.R + \ldots\end{aligned}$$

Digitized by Google

und dieses ist die Gleichung, welche man beinahe allen Problemen der Variationsrechnung zu Grunde legen kann, um daraus die Auflösung derselben zu finden. So oft nämlich das Problem dahin reducirt werden kann, daſs das Integral $\int U \partial x$ ein Gröſstes oder ein Kleinstes seyn soll, und dieses ist beinahe immer der Fall, so wird man nur (nach den bekannten Vorschriften der Differentialrechnung, die auch hier ihre Anwendung haben) die Variation $\delta . \int U \partial x$ dieses Integrals gleich Null setzen. Diese Variation besteht aber, wie die letzte Gleichung zeigt, aus zwei wesentlich von einander verschiedenen Theilen, deren einer das Integralzeichen vor sich hat, während der andere davon frei ist. Von diesen beiden Theilen muſs daher jeder für sich gleich Null gesetzt werden. Setzt man den ersten Theil dieser Variation gleich Null, und bedenkt man, daſs für Gleichungen zwischen x, y und z, sofern sie für gegebene Flächen gehören, die Gröſsen x und y von einander unabhängig sind[1], so erhält man die zwei Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} 0 &= N - \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - \ldots \\ 0 &= N' - \frac{\partial P'}{\partial x} + \frac{\partial^2 Q'}{\partial x^2} - \ldots \end{aligned}\right\} \ldots \quad (A)$$

und diese werden demnach die Gleichungen seyn, in welchen das Integral $\int U \partial x$, zwischen den gegebenen Grenzen genommen, ein Gröſstes oder ein Kleinstes ist. Da diese Gleichungen erste, zweite und vielleicht auch noch höhere Differentiale enthalten, so wird die Integration derselben mehrere Constanten einführen, und die Bestimmung dieser Constanten wird der zweite Theil der oben erhaltenen Gleichung geben, welcher das Integralzeichen nicht enthält.

Sollten aber die Gröſsen x und y durch irgend eine gegebene Bedingungsgleichung von einander abhängig seyn, sollte z. B. die gesuchte Curve auf einer gegebenen Fläche liegen, deren Gleichung $L = 0$ seyn mag, so wird man für diese Bedingungsgleichung den Ausdruck haben

$$\left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) . \delta y + \left(\frac{\partial L}{\partial z}\right) . \delta z = 0$$

1 Littrow's Anleitung zur höheren Math. Wien 1836. S. 205.

und dann gehn, nach dem in der Mechanik bekannten Verfahren[1], die obigen Ausdrücke (A) in die folgenden über

$$\left.\begin{aligned} N-\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}-\ldots+\lambda\left(\frac{\partial L}{\partial y}\right)=0 \\ N'-\frac{\partial P'}{\partial x}+\frac{\partial^2 Q'}{\partial x^2}-\ldots+\lambda\left(\frac{\partial L}{\partial z}\right)=0 \end{aligned}\right\}\ldots \quad (B)$$

wo λ einen unbestimmten Factor bezeichnet.

IV. Um den Gebrauch dieses allgemeinen Verfahrens durch einige Beispiele zu erläutern, suche man zuerst die kürzeste Linie zwischen zwei Puncten in einer Ebene. Für diese Linie hat man den allgemeinen Ausdruck

$$\int\sqrt{\partial x^2+\partial y^2}=\int\partial x\sqrt{1+p^2},$$

so daſs man also für diesen speciellen Fall hat

$$U=\sqrt{1+p^2} \text{ und } \delta U=\frac{p\,\delta p}{\sqrt{1+p^2}}.$$

Vergleicht man diesen Werth von δU mit dem der Gleichung (I), so hat man

$$P=\frac{p}{\sqrt{1+p^2}}$$

und alle übrigen Gröſsen N, N', P', Q .. sind gleich *Null*. Es gehn daher die zwei Gleichungen (A) in die folgende einzelne über

$$\partial P=0 \text{ oder } \partial p=0 \text{ oder endlich } \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}=0.$$

Das Integral des letzten Ausdrucks ist aber

$$y=Cx+C',$$

wo C und C' zwei willkürliche Constanten sind, und diese letzte Gleichung gehört für eine *gerade Linie*, die daher, wie bekannt, die gesuchte kürzeste Linie ist.

Sucht man aber die kürzeste Linie, die man im Raume zwischen zwei gegebenen Puncten ziehen kann, so hat man für das Element derselben

$$\partial x\sqrt{1+p^2+q^2}, \text{ also auch } U=\sqrt{1+p^2+q^2}$$

und daher

---

1 Littrow's theoretische und praktische Astron. Wien 1827. Th. III. S. 11 u. 51.

Digitized by Google

$$\partial U = \frac{p \partial p + p' \partial p'}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}.$$

Daraus folgt aber

$$P = \frac{p}{U},\ P' = \frac{p'}{U} \text{ und } N = N' = Q = Q' = 0.$$

Dadurch gehen die Gleichungen (A) in die folgenden über

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0,\ \frac{\partial P'}{\partial x} = 0,$$

oder, wenn man integrirt,

$$y = Ax + A' \text{ und } z = Bx + B',$$

welches wieder die bekannten Gleichungen einer Geraden im Raume sind.

Das Vorhergehende setzt voraus, daſs die beiden Endpuncte der gesuchten kürzesten Linie fix sind. Sind aber diese Endpuncte nicht auf eine unveränderliche Weise gegeben, sondern wird z. B. angenommen, daſs sie sich nur auf zwei Curven befinden sollen, die (für den ersten Fall unseres Problems) in derselben Ebene mit der gesuchten kürzesten Linie liegen sollen, so mögen die Gleichungen dieser beiden Grenzcurven seyn

$$\partial y' = m' \partial x' \text{ und } \partial y'' = m'' \partial x''.$$

Um nun die zwei Puncte dieser Grenzcurven zu finden, hat man *für den* zweiten Theil des obigen allgemeinen Ausdrucks von $\delta . \int U \partial x$ *in* unserem speciellen Falle die Gleichung

$$U \delta x + \omega P = 0$$

oder

$$U \delta x + (\delta y - p \delta x) . P = 0.$$

Da aber

$$U = \sqrt{1 + p^2} = \frac{\sqrt{\partial x^2 + \partial y^2}}{\partial x} = \frac{\partial s}{\partial x}$$

und

$$P = \frac{p}{\sqrt{1 + p^2}} = \frac{\partial y}{\partial s}$$

ist, so geht die vorhergehende Gleichung in folgende über:

$$\frac{\partial s}{\partial x} \delta x + (\delta y - p \delta x) \frac{\partial y}{\partial s} = 0,$$

oder

Digitized by Google

$$\frac{\partial y}{\partial s}\delta y + \left(\partial s - \frac{\partial y^2}{\partial s}\right)\frac{\delta x}{\partial x} = 0,$$

oder endlich

$$\frac{\partial y}{\partial s}\delta y + \frac{\partial x}{\partial s}\delta x = 0.$$

Wendet man diesen letzten Ausdruck für jede der beiden Grenzcurven besonders an, und nimmt man die Differenz beider Ausdrücke, so erhält man für den erwähnten zweiten Theil

$$\frac{\partial x''}{\partial s''}\delta x'' + \frac{\partial y''}{\partial s''}\delta y'' - \frac{\partial x'}{\partial s'}\delta x' - \frac{\partial y'}{\partial s'}\delta y' = 0$$

oder, wenn man die vorhergehenden Werthe von $\delta y'$ und $\delta y''$ substituirt,

$$\left(\frac{\partial x'' + m''\partial y''}{\partial s''}\right)\delta x'' - \left(\frac{\partial x' + m'\partial y'}{\partial s'}\right)\delta x' = 0.$$

Da aber die beiden Gröſsen $\delta x'$ und $\delta x''$ von einander ganz unabhängig sind, so ist der letzte Ausdruck den zwei folgenden Gleichungen gleichgeltend

$$\partial x'' + m''\partial y'' = 0 \text{ und } \partial x' + m'\partial y' = 0,$$

oder

$$\frac{\partial y''}{\partial x''} = -\frac{1}{m''} \text{ und } \frac{\partial y'}{\partial x'} = -\frac{1}{m'}$$

und diese beiden Gleichungen zeigen, daſs die gesuchte Gerade zwischen den beiden Grenzcurven auf diesen beiden Curven senkrecht stehen muſs, um die kürzeste Gerade zu seyn, die man zwischen diesen beiden Curven ziehen kann.

Sucht man endlich von allen, auf einer gegebenen Fläche zwischen zwei gegebenen Puncten dieser Fläche liegenden Curven die kürzeste, so sey die Gleichung dieser Fläche

$$L = 0 = A\partial x + B\partial y + C\partial z,$$

wo A, B und C Functionen von x, y und z sind. Dieses vorausgesetzt hat man, wie zuvor,

$$U = \sqrt{1 + p^2 + q^2},\ P = \frac{p}{U},\ P' = \frac{p'}{U}.$$

Mit Hülfe dieser Ausdrücke erhält man aus den Gleichungen (B)

$$\partial \cdot \frac{p}{U} - \lambda \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) = 0$$

und

$$\partial \cdot \frac{p'}{U} - \lambda \left(\frac{\partial L}{\partial z}\right) = 0,$$

oder auch, wenn man daraus die Gröſse λ eliminirt,

$$\left(\frac{\partial L}{\partial z}\right) \partial . \frac{p}{U} - \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) \partial . \frac{p'}{U} = 0$$

oder endlich, da $U \partial x = \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2 + \partial z^2} = \partial s$ ist,

$$\left(\frac{\partial L}{\partial z}\right) \partial \frac{\partial y}{\partial s} - \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) \partial \frac{\partial z}{\partial s} = 0 \ldots \text{(II)}$$

und *dieses* ist der gesuchte allgemeine Ausdruck für die kürzeste Linie zwischen zwei auf der Fläche $L = 0$ gegebenen Puncten. Ist diese Fläche eine Kugel vom Halbmesser a, so hat man

$$L = 0 = x^2 + y^2 + z^2 - a^2,$$

also auch

$$\left(\frac{\partial L}{\partial z}\right) = 2z, \quad \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) = 2y,$$

und daher die Gleichung (II)

$$z . \partial \frac{\partial y}{\partial s} - y . \partial \frac{\partial z}{\partial s} = 0,$$

oder

$$\frac{z\partial^2 y \quad y\partial^2 z}{\partial s} = 0,$$

wovon das Integral ist

$$z\partial y - y\partial z = C . \partial s.$$

Ebenso findet man auch

$$z\partial x - x\partial z = C' . \partial s,$$

wo *C* und *C'* zwei Constanten bezeichnen. Die beiden letzten Gleichungen zusammengenommen geben

$$z\partial x - x\partial z = A . (z\partial y - y\partial z),$$

wo wieder A eine Constante bezeichnet. Multiplicirt man beide Theile der letztern Gleichung durch $\frac{1}{z^2}$, so findet man für das Integral derselben

$$\frac{x}{z} = A . \frac{y}{z} + B \text{ oder } x = Ay + Bz,$$

die Gleichung einer durch den Anfangspunct der Coordinaten, d. h. durch den Mittelpunct der Kugel gehenden Ebene. Verbindet man sie mit der gegebenen Gleichung der Kugel, oder betrachtet man die Coexistenz dieser beiden Gleichungen, so erhält man die Gleichung eines *gröſsten Kreises* der Kugel, der also die kürzeste Curve zwischen zwei gegebenen Puncten auf der Oberfläche der Kugel ist.

V. Einfacher ist die Auflösung der gewöhnlich vorkommenden Fälle, wo die eine der drei Coordinaten x, y, z, z. B. die letzte, verschwindet. Dann verschwinden auch die Gröſsen N', P', Q' und man hat bloſs

$$\partial U = N\partial y + P\partial p + Q\partial q + R\partial r + \ldots$$

und statt der zwei Gleichungen (A) die einzige

$$N = \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^3 R}{\partial x^3} - \ldots$$

Nimmt man an, was ebenfalls sehr häufig vorkommt, daſs die Gröſse x nicht unmittelbar in U enthalten ist, und substituirt man den Werth von N aus der zweiten Gleichung in der ersten, so erhält man

$$\partial U = P\partial p + Q\partial q + \frac{\partial P}{\partial x}\partial y - \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}\partial y$$

$$= P\partial p + Q\partial q + p\frac{\partial P}{\partial x}\partial x - p\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}\partial x - \ldots$$

Integrirt man die einzelnen Glieder dieser Gleichung und bemerkt man, daſs

$$\int P\partial p = Pp - \int p\frac{\partial P}{\partial x}\partial x,$$

$$\int Q\partial q = Qq - p\frac{\partial Q}{\partial x} + \int p\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}\partial x \text{ ist,}$$

so erhält man

$$U = p\left[P - \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial^2 R}{\partial x^2} - \ldots\right]$$

$$+ q\left[Q - \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} - \ldots\right]$$

$$+ r\left[R - \frac{\partial S}{\partial x} + \ldots\right]$$

$$+ sS \ldots + \text{Const.} \ldots \quad (C)$$

Digitized by Google

Man suche z. B. die Curve, welche, zwei gegebene Puncte mit einander verbindend, bei der Umdrehung um die Axe der x die kleinste Oberfläche erzeugt. Ist F die erzeugte Fläche, so hat man bekanntlich den Ausdruck

$$F = 2\pi \int y \partial s = 2\pi \int y \partial x \sqrt{1+p^2}.$$

Da F ein Kleinstes, also die Variation δF gleich Null werden soll, so hat man

$$U = y\sqrt{1+p^2},\quad N = \sqrt{1+p^2} \text{ und } P = \frac{py}{\sqrt{1+p^2}}$$

und da die übrigen Gröſsen Q, R, S .. verschwinden, so ist nach der Gleichung (C)

$$U = pP + \text{Const.} = \frac{p^2 y}{\sqrt{1+p^2}} + \text{Const.}$$

Substituirt man hierin den obigen Werth von U, so erhält man, da $p = \frac{\partial y}{\partial x}$ ist,

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \sqrt{\frac{y^2 - C^2}{C^2}}$$

und davon ist das Integral

$$\frac{x}{C} = \text{Log.}\,(y + \sqrt{y^2 - C^2}) + C'.$$

Die beiden Constanten C und C′ ergeben sich aus der Bedingung, *daſs* die gesuchte Curve durch zwei gegebene Puncte gehen *soll*. *Da* für $y < C$ der Werth von x imaginär wird, so ist C die *kleinstmögliche* Ordinate. Nimmt man diese Ordinate für die Axe der y an, so daſs also $y = C$ für $x = 0$ wird, so hat man

$$0 = \text{Log.}\, C + C',$$

also auch, wenn man a für C setzt,

$$\frac{x}{a} = \text{Log.}\, \frac{y + \sqrt{y^2 - a^2}}{a}$$

oder auch, wenn e die Basis der natürlichen Logarithmen bezeichnet,

$$e^{\frac{x}{a}} = \frac{y + \sqrt{y^2 - a^2}}{a} \text{ oder } e^{-\frac{x}{a}} = \frac{y - \sqrt{y^2 - a^2}}{a},$$

und daher auch

Digitized by Google

$$x = \tfrac{1}{2} a . [e^{\frac{y}{a}} + e^{-\frac{y}{a}}],$$

also die gesuchte Curve di*e* gemeine *Kettenlinie* (*Catenaria*).

Wir beschlieſsen diese kurze Anleitung zur Variationsrechnung noch durch ein merkwürdiges Beispiel, auf welches wir weiter unten[1] noch einmal zurückkommen werden. Nach dem, was a. a. O. gesagt wird, hat man für den durch Rotation einer Curve entstandenen Körper, der sich in einer Flüssigkeit nach der Richtung der Axe der x bewegt, wo derselbe den kleinsten Widerstand erleidet, den Ausdruck

$$\int \frac{y \partial y^3}{\partial x^2 + \partial y^2} = \text{Min. oder} \int \frac{p^3 y \partial x}{1 + p^2} = \text{Min.}$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit dem obigen allgemeinen, so ist

$$U = \frac{p^3 y}{1 + p^2}, \quad N = \frac{p^3}{1 + p^2}, \quad P = \frac{p^2 (3 + p^2) y}{(1 + p^2)^2}.$$

Demnach giebt die Gleichung (C)

$$U = p P + C$$

oder

$$\frac{p^3 y}{1 + p^2} = \frac{p^3 (3 + p^2) y}{(1 + p^2)^2} + C,$$

oder endlich, wenn man — c statt + C setzt,

$$y = \frac{c (1 + p^2)^2}{2 p^3}.$$

Aber

$$\partial y = p \partial x$$

oder

$$x = \int \frac{\partial y}{p} = \frac{y}{p} + \int \frac{y \partial p}{p^2}$$

oder, wenn man hierin den vorigen Werth von c substituirt,

$$x = \frac{c (1 + p^2)^2}{2 p^4} + c \int \frac{(1 + p^2)^2 \partial p}{2 p^5}$$

$$= \frac{c}{2} \left\{ \frac{(1 + p^2)^2}{p^4} - \frac{1}{4 p^4} - \frac{1}{p^2} + \text{Log. } p \right\} + c'$$

$$= \frac{c}{2} \left\{ \frac{3}{4 p^4} + \frac{1}{p^2} + 1 + \text{Log. } p \right\} + c'.$$

1 S. Art. *Widerstand.*

Digitized by Google

Verbindet man hiermit die obige Gleichung

$$y = \frac{c.(1+p^2)^2}{2p^3},$$

so läſst sich durch die Elimination von p die gesuchte Gleichung zwischen x und y für die Curve finden, deren Umdrehung um die Axe der x den Körper des geringsten Widerstandes seiner Bewegung in der Flüssigkeit giebt.

Dieses letzte unserer Beispiele ist zugleich das erste, welches von den zur Variationsrechnung gehörenden Problemen aufgelöst worden ist. Man findet diese Auflösung in Newton's *Principien*[1], jedoch nicht mit der Analysis mitgetheilt, die ihn zu dieser Auflösung geführt hat. Die Aufmerksamkeit der Geometer wurde aber erst dann auf diese neue Gattung von Problemen geführt, als Joh. Bernoulli[2] seine Aufgabe von der Brachystochrone (Curve des kürzesten Falls) vorgelegt hatte. Noch mehr angeregt wurde diese Aufmerksamkeit durch die Probleme der isoperimetrischen (gleich langen) Curven, die einen gröſsten oder kleinsten Raum einschlieſsen. Diese Probleme wurden von den zwei Brüdern Jacob und Johann Bernoulli aufgestellt und sie geriethen darüber in einen heftigen Streit, der in Bossut's Gesch. d. Math. Vol. II. umständlich erzählt wird. Euler brachte die für diese Probleme gehörenden, meistens von ihm selbst gebrauchten Methoden in eine Art von System in seinem Werke: *Methodus inveniendi curvas maximi minimique proprietate gaudentes.* Laus. und Genf. 1744. Dieses an sich vortreffliche Werk gab Lagrange Veranlassung zur Entdeckung der eigentlichen Variationsrechnung in der Gestalt, wie wir sie jetzt besitzen. Er theilte dieselbe in verschiedenen Memoiren der Turiner Akad. d. Wiss. mit. Weiter entwickelte er diese neue Methode in seiner Théorie des fonctions und in seinen Leçons sur le calcul des fonctions. Die besten neueren Abhandlungen über die Variationsrechnung sind: Dirksen, analytische Darstellung der Variationsrechnung. Berlin 1823. Lacroix, traité du calc. diff. et int. Vol. II. p. 721 u. ff. Poisson, sur le Calcul des Variations, in Mém. de l'Acad. de Paris. Vol. XII. p. 223. *L.*

---

1 Lib. *II.* prop. 34.

2 Acta Eruditorum. Lips. 1696. Jun.

Ventilator.

Luftreiniger; *Ventilator;* Ventilateur; *Ventilator.*

Hiermit bezeichnet man alle diejenigen Vorrichtungen, welche dazu dienen, die zum Athmen minder geeignete Luft, die entweder an ſich irreſpirabel, oder durch die verſchiedenen Proceſſe des Athmens, techniſcher Fabricationen, krankhafter Ausdünſtungen u. s. w. verdorben iſt, aus Räumen wegzuſchaffen, worin ſie ſich angehäuft hat, oder auch nur die übermäſsig erwärmte Luft mit friſcher kälterer zu vertauſchen. Ein Luftwechſel, den man füglich *Ventilation* nennen kann, findet allezeit von ſelbſt an allen Orten ſtatt, in welche die kalte und ſchwerere Luft eindringen kann, während die wärmere und leichtere aus ihnen aufſteigend entweicht, worauf zum Theil das Erkalten der geheizten Zimmer im Winter beruht; der Proceſs bleibt aber aus, wenn der warmen Luft nur ein Ausgang nach unten, der kalten dagegen nach oben offen ſteht, und dieſer zugleich verhältniſsmäſsig enge iſt, weswegen ſich die kalte Luft ſehr bleibend in den ſogenannten Eishöhlen, in unterirdiſchen Räumen, Kellern u. s. w. erhält. Dieſe Art der Ventilation wird bedeutend verſtärkt durch geeignete Canäle, in denen die kältere Luft herzuſtrömen kann, beim Vorhandenſeyn anderer, die zum Abflieſsen der wärmeren dienen, wie ſolches z. B. bei groſsen Concert- und Tanzſälen, Eſszimmern, Opernhäuſern u. s. w. ſtatt findet, in welche die kalte Luft durch untere Oeffnungen, meiſtens nur die Thüren und undichten Fenſter, eindringt und die warme durch höher liegende, namentlich den herabhängenden Kronleuchtern zugehörige, Canäle in ſo groſser Menge entweicht, daſs dadurch eine ſehr merkliche Luftſtrömung erzeugt wird. Hierher gehören dann vorzüglich auch die ſehr bedeutenden Wirkungen der Windöfen und Camine. Alles dieſes möge jedoch hier nur im Allgemeinen berührt werden, da die hierüber beſtehenden phyſikaliſchen Geſetze bereits[1] ſo ausführ-

1 Vergl. Art. *Heizung.* Bd. V. S. 158 u. 206. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 593.

lich mitgetheilt worden sind, daſs sie bei gegebenen Gröſsen zur Bestimmung der Luftmengen, die in einer bestimmten Zeit ab- und wieder hinzuströmen, genügen. Eine Anweisung zu einer künstlichen Vorrichtung dieser Art wird unter andern durch CAVALLO[1] angegeben, wonach man in der Decke der Zimmer eine zum Dache hinausragende Abzugsröhre der warmen Luft, unter der Decke aber durch die Wand eine zweite, auſsen bis auf den Boden herabgehende, anbringen soll, damit durch die letztere die kalte Luft von auſsen, zum Ersatz der entweichenden, wieder hinzuströme und von der Höhe des Zimmers herabsinke, um keinen zu starken Luftzug zu erzeugen, welcher entstehen würde, wenn man die Zufluſsröhre der kalten Luft unten am Boden anbringen oder die eben genannte im Zimmer wieder bis auf den Boden hinabführen wollte.

Dieses einfache Mittel der Ventilation ist seitdem auf verschiedene Weise abgeändert und modificirt worden. Hierhin gehört zuerst die von DE L'ISLE DE ST. MARTIN[2] vorgeschlagene Einrichtung, wonach der Luftzug durch zwei auf die Röhre gesetzte Hüte vermehrt werden soll. Der Versuch wurde mit einem als Modell und zur Prüfung der Sache dienenden Apparate angestellt, aus einem Kasten RR mit zwei Schiebern S und S' bestehend, welche mehr oder weniger geöffnet der eindringenden Luft einen ungleich freien Zutritt verstatteten. Fig. 241. Auf diesen Kasten war die verticale Röhre TV aufgestellt, von deren oberer Oeffnung ACBD ein nach unten gehender Schirm ABLP herabhing, über welchem ein zweiter, oben verschlossener Hut NQDM, durch vier Streben OO'DD' am unteren befestigt, angebracht wurde. Die Dimensionen sind BL = 1,5 AB, FL = AB für den unteren Hut, BN = AB, BM = 1,25 AB für den oberen. Der untere Kasten, durch dessen Schieber sich die Stärke der Strömung reguliren läſst, soll sich im Zimmer, die obere Oeffnung der Röhre mit den beiden Hüten aber in freier Luft befinden, und indem dann die aufsteigende Luft gegen N stöſst, und zwischen den bei-

1 Abhandl. über die Natur und Eigenschaften d. Luft. Aus d. Franz. Leipz. 1783. S. 175.

2 Journ. de Phys. 1788. Sept. p. 83. daraus in: Gotha'sches Magazin. Th. VI. St. 1. S. 81.

den Hüten entweicht, ſoll ein Luftſtrom entſtehen, welcher das Aufſteigen der Luft befördert. Ob dieſe Wirkung unmittelbar erfolge, dürfte zweifelhaft ſeyn; wenn aber ein äuſserer Luftſtrom zwiſchen beiden Hüten hinſtreicht, ſo wird dadurch allerdings die verticale Luftſtrömung in der Röhre vermehrt werden, wie ſich dieſes auch im Experimente zeigte, indem bei z eine vertical aufſteigende, oben horizontal gebogene Röhre angebracht wurde, in welche nach verſchloſſenem Kaſten eine vorgehaltene Lichtflamme eindrang, wenn man ſeitwärts gegen den Zwiſchenraum der Hüte blies.

Eine ausführliche Behandlung des ganzen Problems der Ventilation lieferte G. F. Parrot in einem eigenen Werke[1], worin zugleich die Menge der durch Reſpiration eines Menſchen in gegebener Zeit verdorbenen Luft angegeben und die Conſtruction des empfohlenen Apparates auf pneumatiſche Geſetze gegründet wird. Die gewählte Conſtruction iſt in der Hauptſache ganz die ſo eben beſchriebene des de l'Isle de St. Martin, ohne daſs Parrot jedoch hiervon etwas wuſste, indem er die erſte Idee vielmehr aus einem älteren, franzöſiſchen Werke[2] ſchöpfte, welches vielleicht beiden Erfindern den erſten Anlaſs gab. Die Mündung der Röhre mit ihren beiden Hüten nennt Parrot den *Saugventilator*, welcher wegen genauer Uebereinſtimmung mit dem beſchriebenen keiner näheren Angabe bedarf, und es genügt daher hinzuzufügen, daſs die beiden abgekürzten Kegel (die Hüte der Röhre) nicht bloſs über das Dach hinausragen, ſondern auch 20 Fuſs von benachbarten Gegenſtänden entfernt ſeyn ſollen, um dem Wind freien Zutritt zu geſtatten, damit er durch den Stoſs gegen die ſchiefen Flächen eine fächerförmige Ausbreitung (*amplitudo reflexionis*) annehmen möge. Der Winkel, den die Seite des Kegels mit der Grundfläche macht, wird zu 24 bis 25 Grad angenommen, der obere Durchmeſſer der abgekürzten Kegel ſoll aber den dritten Theil des unteren betragen. Ferner theilt Parrot den Raum zwiſchen beiden Kegeln in acht Kammern, deren Wände, auf dem unteren feſt-

1 Der zweckmäſsige Luftreiniger theoretiſch und praktiſch beſchrieben. Frankf. 1793. 8. Vergl. Gotha'ſches Magazin. Th. IX. St. IV. S. 86.

2 La Mécanique du feu. Par. 1810.

Digitized by Google

sitzend, den oberen tragen und verlängert durch die Axe der Röhre TV gehen, ihre Länge aber beträgt nicht mehr als die Hälfte des Radius der Grundfläche oder 0,75 der Seite des Kegels, wonach die äuſsere Oeffnung jeder Kammer beinahe dem Durchmesser der kleineren Grundfläche des Kegels gleich ist. Man übersieht bald, daſs auf diese Weise allerdings ein Aufsaugen der Luft auf gleiche Weise, als in dem bekannten Versuche von Clement[1], durch das Einströmen des Windes in die Kammern der einen Seite und das Ausströmen derselben aus den gegenüberstehenden erzeugt werden müsse, wonach dann von selbst folgt, daſs die kleine Grundfläche des obern Kegels einer Bedeckung bedürfe, die zum Abfluſs des Regens etwas gewölbt seyn kann. Nach einer angestellten Berechnung soll die Geschwindigkeit, womit die Luft aus der Saugröhre ausflieſst, sich zu der des Windes wie 2 : 5 verhalten, und Versuche mit Röhren von ungleicher, bis 2 Fuſs Durchmesser steigender Weite bestätigten diese Bestimmung. Die Saugröhre des Ventilators steht mit ihrem unteren Ende auf dem oberen Deckel eines wohlverschlossenen Kastens, aus welchem Röhren in diejenigen Zimmer herabgehn, deren Luft gereinigt werden soll, wonach also der Hauptsammelkasten sich im obern Theile der Häuser befinden und der Flächeninhalt eines Querschnittes der Hauptableitungsröhre TV der Summe der Querschnitte aller Zuleitungsröhren gleich seyn muſs. Zur näheren Bestimmung der erforderlichen Gröſsen wird dann noch hinzugesetzt, daſs die Weite der Zuleitungsröhren doppelt so viele Quadratzolle, als die Zahl der Menschen beträgt, durch welche die Luft verunreinigt wird, betragen könne, jedoch begreift man leicht, daſs diese Bestimmung hauptsächlich von der Geschwindigkeit der Bewegung, womit die Luft in den Röhren strömt, abhängen müsse. Der Hauptkasten RR′, bei welchem hiernach die Schieber und Oeffnungen wegfallen, soll eine Länge und Breite von 2 Fuſs + dem Durchmesser der Röhre TV und eine Höhe von 13 Zoll + dem Durchmesser einer Zuleitungsröhre haben; die Zuleitungsröhren sollen einen Zoll über dem Boden des Kastens münden und nirgends ein Knie haben, vielmehr sollen da, wo sie sich biegen müssen, Hülfskasten von der Einrichtung des

1 S. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 679.

Hauptkastens angebracht werden. Diese letztere Vorsicht ist jedoch nach den Gesetzen der Pneumatik überflüssig, da bekanntlich die Strömung der Luft durch Krümmungen der Röhren nicht gehindert wird[1].

Um die abfließsende Luft durch neu von außsen herzuströmende zu ersetzen, würde es bloſs einer in die Zimmer führenden offenen Röhre bedürfen, allein dann würde, außser dem statischen Aufsteigen der wärmeren Luft, die bewegende Kraft bloſs durch den Saugventilator erzeugt werden. Um dessen Wirkung zu verstärken, versieht Parrot seinen Apparat noch mit einem *Druckventilator* am offenen unteren Ende der Röhren, welche die äußsere Luft den Zimmern wieder zuführen. Dieser besteht aus der beschriebenen, aber umgekehrten Vorrichtung, indem die gröſseren, den beiden abgekürzten Kegeln zugehörigen, Grundflächen nach außsen gerichtet sind, also, mit dem Saugventilator verglichen, auf der Axe der Röhre, hier der Zuleitungsröhre, umgekehrt stehen. Zugleich sind die Kegel etwas spitzer, die Seitenfläche des obersten ist, wie die Oeffnung einer Trompete, krummlinig gemacht, und der Durchmesser der kleineren Grundfläche beträgt nur 0,25 der gröſseren; beide gröſsere Grundflächen sind einander gleich, und der Durchmesser der Saugröhre beträgt $\frac{1}{4}$ des Durchmessers der gröſseren Grundflächen der Kegel. Zwischen beiden Kegelflächen werden zwölf Kammern angebracht, zur Beschützung gegen das Wetter aber dient ein niedriges kegelförmiges Dach mit einer Rinne und sechs Oeffnungen, denen gegenüber inwendig ein leichtes Bretchen an zwei Riemchen frei hängt, gegen welches der Wind beim Einströmen stöſst und dadurch gegen die untere Mündung gerichtet wird. Parrot giebt außserdem als Sauger noch ein Windrad an, welches mit der Kurbel gedreht werden soll, oder durch eine Schnur, die nach dem Aufenthaltsorte hin gerichtet werden müſste, um durch sie das Rad von Zeit zu Zeit in Bewegung zu setzen. Endlich wird noch gezeigt, wie man diesen Ventilator nicht bloſs bei Wohngebäuden, sondern auch bei Krankenhäusern, Gefängnissen, Kirchen, Schauspielhäusern, auf Schiffen, in Bergwerken u. s. w. anbringen könne, was sich jedoch leicht von selbst ergiebt.

---

1 S. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 671.

Digitized by Google

Von den bisher beschriebenen Ventilatoren scheint Boswell keine Kenntniſs gehabt zu haben, als er den seinigen bekannt machte[1], weil er sonst wegen der Aehnlichkeit des zum Grunde liegenden Princips vermuthlich darauf Rücksicht genommen hätte. Auch bei diesem soll durch den Wind eine Strömung der in einer Röhre aufsteigenden Luft erzeugt werden. In der vollendetsten, zugleich aber kostbarsten Ausführung muſs auch dieser Ventilator über das Dach des Hauses, das Verdeck des Schiffes, die Mündung des Schachtes u. s. w., wofür die Ventilation eingerichtet wird, hinausragen und der obere Theil desselben auf eine solche Weise beweglich seyn, daſs die Oeffnung des Trichters, in welche der Wind blasen soll, diesem stets entgegenstehe. Der Haupttheil besteht daher aus der in einem rechten Winkel gebogenen Röhre B mit dem eingesetzten Trichter G, dessen Dimensionen im Verhältniſs zu den Röhren nicht näher bestimmt sind; sie lassen sich indeſs annähernd aus der Zeichnung entnehmen, aus welcher sich zugleich ergiebt, daſs der Wind in die Oeffnung des Trichters blasen, in der verengten Röhre zusammengedrängt werden und beim Austritte aus der letzteren in der weitern Röhre B einen Luftstrom erzeugen soll, durch welchen die Luft in der verticalen Röhre A aufgesogen wird. Die knieförmig gebogene Röhre zusammt dem Trichter ruht auf der verticalen Stange E, welche in der Strebe H befestigt, durch eine Querstange D gesteckt und mit ihrer unteren Spitze in eine zweite Querstange K eingelassen ist. Die beiden letzteren Querstangen sind in der Zuleitungsröhre A so befestigt, daſs die Tragstange E sich in den Oeffnungen D und K frei um ihre verticale Axe drehen kann, und zugleich müssen die Dimensionen der Röhre B und des Trichters G so gewählt seyn, daſs die geometrische Axe der Tragstange E durch den Schwerpunct des obern beweglichen Theiles geht, damit der Wind denselben leicht umdrehen und die Oeffnung des Trichters G seiner Richtung entgegen stellen könne. Die Zuleitungsröhre A hat oben das engere Stück, den an ihr befestigten Ring CC, und in den hierdurch gebildeten Zwischenraum geht der untere Theil des verticalen Stückes der Röhre B so herab, daſs er sich frei darin bewegen kann. Um

Fig. 212.

---

1 Nicholson's Journ. of Nat. Phil. T. IV. p. 5. G. V. 368.

aber der Luft den freien Durchgang durch diesen Raum abzuschneiden, soll der untere Rand der beweglichen Röhre mit einem an der innern Wandung der Röhre CC leicht hinstreifenden ledernen Ringe versehn seyn, noch besser aber wird der Zwischenraum einige Zoll hoch mit Quecksilber gefüllt, in welches der untere Theil der beweglichen Röhre einige Linien tief eintaucht. Hierdurch wäre allerdings die Communication der Luft vollständig abgeschlossen, zugleich aber ist diese Einrichtung kostbar, auch müſste nothwendig das Eisenblech der Röhren durch einen guten Firniſs dauerhaft geschützt seyn, weil sonst das Quecksilber, insbesondere durch den Einfluſs der feuchten Witterung, das Eisen zum Rosten disponiren und letzteres demnach bald verzehrt seyn würde. Endlich dient der überragende Schirm FF zum Abhalten des Regens, Schnees, Staubes u. s. w.

Ein anderes, nicht minder zweckmäſsiges Mittel zur Wegschaffung der verdorbenen Luft hat van Marum[1] in Anwendung gebracht, nämlich unter die Oeffnung der Abzugsröhre eine Lampe anzubringen und dadurch die Luft zu erwärmen, so daſs sie nach statischen Gesetzen von selbst in die Höhe steigt. Im Wesentlichen besteht diese Vorrichtung aus einer Röhre von der erforderlichen, bis zu einem Fuſs Durchmesser steigenden Weite mit einer unteren etwas trichterförmigen Oeffnung, die an einer geeigneten Stelle in den zu reinigenden Räumen so angebracht wird, daſs entweder die zur Erleuchtung ohnehin dienende Lampe unter der Oeffnung brennt oder eine eigene, hierzu speciell bestimmte darunter angezündet wird, um die Luft gehörig zu erwärmen, wodurch das Aufsteigen und Abflieſsen derselben aus der oberen Mündung der Röhre nach denjenigen Gesetzen erfolgt, welche oben bereits berührt worden sind. Um aber den hierdurch erzeugten Luftstrom noch zu verstärken, bringt van Marum am oberen Theile der Röhre einen solchen Kopf an, als de l'Isle de St. Martin, es würde aber auch die von Boswell angegebene Vorrichtung gute Dienste leisten. Ueber die Zuleitungsröhren, durch welche der Abgang der verdorbenen Luft wieder ersetzt

1 Aus N. Allgem. Konst- en Letterbode 1796. N. 156. 1797. N. 3. 1799. Mai. Daraus in Grens N. Journ. d. Phys. T. IV. p. 458. Scherer's Allgem. Journ. d. Chemie T. III. p, 178.

Digitized by Google

werden soll, hat sich van Marum nicht weiter erklärt, und man muſs also voraussetzen, daſs er für diese keine besondere Vorrichtung, um ihre Wirkung zu vermehren, verlangt; dagegen stellte er, nach erprobter Wirksamkeit seines Ventilators, Versuche mit demselben in der Absicht an, um die verdorbene Luft aus dem Zwischendeck der Schiffe zu entfernen. Für diesen Zweck muſs die unter der Oeffnung brennende Argand'sche Lampe mit der erforderlichen Zahl Flammen auf eine gleiche Weise als die Schiffs-Compasse aufgehangen seyn, auch sind Zuleitungsröhren mit geeigneten Klappen, um das gegenschlagende Seewasser abzuhalten, hierfür erforderlich, welche van Marum nebst den geeignetsten Plätzen, wo die Abzugs- und die Zuleitungsröhren am bequemsten angebracht werden sollen, ausführlich beschreibt; es scheint mir aber nicht der Mühe werth zu seyn, dieses alles hier mitzutheilen.

Am meisten bekannt wurde in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts der Ventilator, welchen Hales[1] erfand und wovon er der Societät zu London ein Modell vorlegte, um solche Apparate auf den Schiffen zur Fortschaffung der verdorbenen Luft anzubringen; auch sollten sie dazu dienen, die irrespirabeln Luftarten aus den Bergwerken zu entfernen. Die Beschreibung dieser Maschine theilte Hales der Societät im Mai 1741 mit, im November desselben Jahres meldete aber der schwedische Ingenieur-Capitain Martin Triewald dem Präsidenten der Societät, Mortimer, daſs er eine dieser sehr ähnliche Maschine erfunden habe, deren man sich mit Vortheil bei der schwedischen Marine bediene, da man mit ihr in einer Stunde 36172 Kubikfuſs Luft fortschaffen könne. Beide Gelehrte stritten sich um die Priorität ihrer Erfindungen, es ist aber nicht zweifelhaft, daſs keiner von dem andern etwas entnommen habe, auch war beiden zuverlässig unbekannt, daſs der Maschinendirector J. J. Bartels schon im J. 1711 eine ähnliche, nur schwerfälliger construirte Vorrichtung bei den

1 Treatise on Ventilators. Lond. 1743. 2d ed. ib. 1758. II Vol. 8. Description du Ventilateur de M. Hales trad. de l'Anglais par Demours. Par. 1744. Vergl. Hamburgisches Magazin. Th. II. S. 25. Phil. Trans. 1748. T. XLV. p. 410.

Digitized by Google

Schachten auf dem Harze in Anwendung gebracht hatte[1]. Der von Hales vorgeschlagene Ventilator besteht aus zwei hölzernen Kasten oder Parallelepipeden, deren jedes in der Mitte durch eine um ein Scharnier bewegliche hölzerne Klappe getheilt ist. Diese Klappen sind an einer Seitenfläche des Kastens durch das Scharnier befestigt und stehen von den übrigen Seitenflächen 0,05 Zoll ab. Sie sind durch eiserne Stangen an einem Hebel so befestigt, daſs man durch Hin- und Herbewegen der Hebelstange, wie beim doppelten Druckwerke, ahwechselnd eine Klappe um die andere erheben und wieder niederdrücken kann. An den Grundflächen jedes Kastens befinden sich vier Ventile, deren zwei sich nach innen, zwei aber nach auſsen öffnen. Jeder Kasten ist da, wo die auslassenden Ventile sich befinden, mit einem vorliegenden kleineren Kasten oder einem Parallelepipedum verbunden, in welches bewegliche Röhren eingesetzt werden, um durch diese die Luft an die gehörigen Orte hinzuleiten, da man vermittelst dieser Maschine nach ihren verschiedenen Stellungen ebenso gut die verdorbene Luft auspumpen, als frische einbringen kann. Im ersten Falle muſs der Ventilator so stehen, daſs seine einsaugenden Ventile mit dem Zimmer verbunden sind, das Ende der Röhre aber in die freie Luft geht, und Hales berechnet dann, daſs man mit einem doppelten Kasten, jedem von 10 Fuſs Länge, 3 bis 4 Zoll Breite und 13 Zoll Höhe, in einer Stunde 25000 Tonnen Luft auspumpen könne, während die frische Luft so unvermerkt eindringe, daſs die Kranken und Schlafenden nichts davon bemerkten. Um frische Luft in ein Zimmer einzuführen, muſs die Maschine auſserhalb angebracht seyn, die Röhre aber in das Zimmer gehen, in welchem Falle jedoch ein unangenehmes Blasen aus der Röhre statt findet. Von ähnlicher Einrichtung, als Gebläse wirkend, war auch der durch Veuleresse[2] angegebene Ventilator, mit welchem 1780 auf der französischen Fregatte Cybele Versuche angestellt wurden, die jedoch nicht ganz befriedigend ausfielen.

Um unausgesetzt die verdorbene Luft wegzuschaffen, müſste diese Maschine stets oder mit nur kurzen Unterbrechungen in

1 Gemeinnützige Kalender-Lesereyen von F. A. Fresenius 1786. Th. I. S. 42. In Busch Handbuch d. Erfindungen. Th. XII. S. 185.

2 Gotha'sches Magazin. Th. I. St. 1. S. 95.

Bewegung erhalten werden, welches, die unförmliche Gröſse nicht gerechnet, sehr viele Arbeit erfordert, und es mag dahingestellt bleiben, ob es dem Fitzgerald gelungen sey, eine Dampfmaschine für diesen Zweck in Anwendung zu bringen[1]. Sutton schlug daher vor, man solle die Erwärmung der Luft durch das Küchenfeuer zur Ventilation benutzen, wie Mead[2] zuerst angegeben hatte, indem man den hierdurch bewirkten Luftzug durch ein mit dem Aschenherde verbundenes und in mehrere Zweige verbreitetes Zugrohr an diejenigen Orte hinführe, wo es nöthig sey. Ueber diesen Vorschlag wurde von Desaguliers[3] und seinen Zeitgenossen viel verhandelt, und zwar schon früher, als Sutton's Vorschlag dahin abgeändert worden war, unten im Schiffe einen Ofen anzubringen und die dadurch erwärmte Luft in die oberen Räume zu leiten, wonach es dann bloſs noch einer Abzugsröhre bedurfte, um bei diesem Zuströmen der wärmeren Luft die verdorbene aus dem Zwischendeck abzuleiten. Desaguliers will die Aufgabe der Ventilation schon seit 1715 verfolgt haben, als er das oben bereits genannte französische Werk[4] ins Englische übersetzte, und aus dieser Quelle scheinen daher die ersten Vorschläge zur Ventilation insgesammt ausgegangen zu seyn. Faſst man dasjenige kurz zusammen, was er sehr wortreich über das Problem vorbringt, so verwirft er die durch Mead und Sutton angegebene Idee, die erhitzte Luft über dem *Aschenherde* in die zu reinigenden Räume zu leiten, weil hiermit *zugleich schwe*flige Dünste herbeigeführt würden, die sich leicht entzünden könnten, und er räth vielmehr, eine aus den zu reinigenden Räumen ausgehende Röhre auswärts zu erhitzen, dadurch das Aufsteigen der Luft in derselben zu bewirken und dann aus diesem Abzugscanale Röhren nach denjenigen Orten hin zu leiten, aus denen die verdorbene Luft weggeführt werden soll. Solche Vorrichtungen scheint er mehrere, namentlich auch im Sitzungssaale des Unterhauses, angelegt zu haben, ich kann jedoch nicht auf-

1 Wittenberger Wochenblatt. 1772. St. 7. bei Busch a. a. O.

2 Philos. Trans. 1742. T. XLII. N. 462. p. 42. 62.

3 Philos. Trans. 1727. T. XXXV. N. 400. p. 353. Vergl. T. XXXIX. N. 437. p. 40. Cours de Physique expér. Par. 1751. 4. T. *II.* p. 465.

4 Mécanique du Feu. Par. 1710.

Digitized by Google

finden, mit welchem Erfolge die verschiedenen Apparate in Anwendung gebracht wurden. Da das Werk des Desaguliers früher sehr allgemein gelesen wurde, so hat Ventura[1] den von ihm gemachten Vorschlag ohne Zweifel auch aus dieser Quelle geschöpft. Dieser empfiehlt eine sogenannte Luftkugel aus Thon, Eisen oder einer sonstigen, die Wärme lange erhaltenden Substanz von 10 Zoll Durchmesser und mit zwei kurzen Röhren, auch einigen Haken zum bequemen Aufhängen versehen. In den obern Hals der Kugelöffnung soll eine Röhre gesteckt werden, und eine andere in die untere kurze Röhre, die man verlängert an den zu reinigenden Ort hinführt. Beim Gebrauche erhitzt man die Kugel, die in ihr befindliche Luft wird dadurch leichter, muſs also statisch aus der obern Mündung aufsteigen und einen aufwärts gerichteten Strom in der untern Röhre erzeugen, wodurch die Luft aus den zu reinigenden Räumen aufgesogen wird.

Wir haben bisher drei Principe kennen gelernt, worauf die Ventilatoren gebaut sind, unter denen das erste von Desaguliers erfundene oder aus dem genannten Werke entlehnte durch Erwärmung der Luft ihr statisches Aufsteigen bewirkt, das zweite von de l'Isle de St. Martin und vorzüglich Parrot den Windstoſs als bewegendes Mittel benutzt, das dritte von Hales und Triewald als gewöhnliches Gebläse zu diesem Zwecke dient. Diesen aus den Zeiten der Kindheit der mechanischen Wissenschaften herrührenden Vorrichtungen kann noch eine vierte Maschine angereiht werden, deren man sich seit dem Anfange des vorigen Jahrhunderts sehr allgemein, namentlich in England, zum Reinigen des Korns und der Baumwolle bediente, die man aber zugleich auch zur Ventilation benutzte. Diese durch Desaguliers[2] unter dem Namen *Centrifugalventilator* beschriebene, mehrfache Modificationen gestattende Vorrichtung besteht nach Robison[3] aus
Fig. 243. einer Trommel, worin sich eine Welle mit vier oder mehreren Flügelbretern A, D, E, K befindet, deren Breite und Länge bis auf einen geringen Zwischenraum für die ungehinderte Bewegung den inneren Raum der Trommel ausfüllt.

1 Jacobson technolog. Wörterbuch. Th. IV. S. 500.
2 Philos. Trans. 1735. T. XXXIX. p. 40.
3 System of mechanical philosophy. Edinb. 1822. T. III. p. 802.

Digitized by Google

Wird die Welle vermittelst einer an ihrer Axe, die auf beiden Seiten aus der Trommel hervorsteht, angebrachten Kurbel umgedreht, so treiben die Flügel die Luft vor sich her durch die Röhre W, wodurch dann von selbst ein Einströmen in die entgegenstehende Röhre V erzeugt werden muſs. Mit unbedeutenden Veränderungen ist dieser Ventilator der nämliche Apparat, welchen Ranke[1] unter dem Namen *Thermantidote* zur Abkühlung der Luft in Indien empfohlen hat. Hierbei steht allerdings das bedeutende Hinderniſs im Wege, daſs dort oft die äuſsere Luft wärmer ist, als die in den Wohnungen, namentlich während der heiſsen Winde, und daſs daher noch die schwierige Aufgabe hinzukommt, die kältere Luft, die nur durch mechanische Mittel in die Zimmer gebracht werden kann, aufzufinden, die man nicht leicht anders als aus Kellern oder Brunnenschachten erhalten kann, wohin dann die Saugröhren geleitet werden müssen.

Die neueren Vorschläge von Maschinen, die zur Wegschaffung der verdorbenen Luft dienen sollen, sind sämmtlich auf das eine oder das andere der beiden älteren Principe gebaut, nämlich entweder die an sich leichtere oder künstlich erwärmte Luft aufsteigen zu machen, oder durch mechanische Mittel eine Bewegung der Luft zu erzeugen, und unter diesen beiden Mitteln ist ohne Widerrede das erste bei weitem das vorzüglichste, weil das letzte fortdauernd einen bedeutenden Kraftaufwand erfordert, den man wohl überall nicht ohne Kosten erhalten kann. Daher beschränkt sich Tredgold[2] bloſs auf den Vorschlag, Abzügscanäle oder Röhren zum Aufsteigen der verdorbenen Luft und andere zum Herbeiführen der äuſseren reinen auf die bereits angegebene geeignete Weise und nach den bekannten pneumatischen Grundsätzen herzustellen, wobei er als zweckmäſsig hinzufügt, daſs es vortheilhaft sey, die Oeffnungen der Zuleitungscanäle mit einem Drahtgitter zu versehn, damit die hereinströmende kalte Luft die Bewohner der gelüfteten Zimmer, insbesondere wenn diese Patienten sind, nicht unangenehm afficire. Als zweck-

1 Asiatick Journal. T. XXVIII. p. 323. Kurze Nachricht in Edinburgh Journ. of Sc. N. S. N. IV. p. 351.

2 Principles of warming and ventilating buildings. London 1824.

mäſsig erkennt man auch bald eine zweite Regel, nämlich die Zuleitungscanäle mit einer Klappe zu versehen, die man mehr oder weniger öffnen kann, weil namentlich im Winter das Aufsteigen der künstlich erwärmten Luft und das Eindringen der äuſseren kalten weit schneller geschieht und es daher räthlich ist, die Weite des Zuleitungscanals in ebendiesem Verhältnisse zu vermindern. Endlich ist es sowohl im Allgemeinen, als namentlich auch bei Krankenzimmern sehr vortheilhaft, die herzuströmende kalte Luft vorher zu erwärmen, was in einem Vorgemache geschehn muſs, in welches die Zuleitungscanäle münden und aus welchem dann die erwärmte Luft in die eigentlichen Zimmer strömt. Hierbei darf kaum erinnert werden, daſs die Luftheizung von selbst zugleich eine zweckmäſsige Ventilation darbietet, namentlich wenn die wärmere Luft der Zimmer nicht wieder in die Heizkammern zurückkehrt, sondern auf Corridors oder Speicher abgeleitet wird; auch liegt sehr nahe, daſs die für diesen Zweck hergestellten Canäle im Sommer gleichfalls bloſs zur Ventilation der verdorbenen Luft dienen können. D'Arcet's Ventilator, von ihm *Appellschlot* genannt, ist von dieser nämlichen Einrichtung. Da die Geschwindigkeit der Strömung in Canälen den Quadratwurzeln aus ihren verticalen Höhen proportional wächst, so führt er die Abzugsröhre von den untern Räumen aus bis über das Dach empor und versieht ihre Mündung mit einem geeigneten Hute, um das Eindringen des Windes in die Oeffnung zu entfernen. In diesen Abzugscanal werden Röhren aus denjenigen Räumen geleitet, aus denen man die verdorbene Luft wegzuschaffen beabsichtigt, und wenn der Zug nicht von selbst stark genug ist, so verstärkt man ihn künstlich durch eine Lampe, die an einer geeigneten Stelle im oberen Theile der Abzugsröhre angebracht wird; ist aber die wegzuschaffende Luft an sich schwer und daher nicht leicht zum Aufsteigen zu bringen, so muſs ein über solchen Räumen angebrachter Ofen, durch welchen die Röhre geleitet wird, um die in dieser enthaltene Luft in Folge starker Ausdehnung durch Wärme bedeutend leichter zu machen, zu Hülfe kommen, welcher auch als Windofen die wegzuschaffende Luft aufnehmen und die aus ihm dann sammt dem Rauche entweichende durch ein Rohr dem Abzugsrohre zuführen kann. Beim Opernhause in Paris ist über dem groſsen

Digitized by Google

Kronleuchter ein Appellschlot angebracht, ein anderer über der Bühne, dagegen führen 2400 Röhren unter den Logen im Winter die erwärmte Luft von den Corridors, im Sommer die kühle aus den Kellern wieder herzu[1]. Ganz neuerdings hat aber Combes[2] den Centrifugal-Ventilator zur Anwendung in Krankenhäusern abermals empfohlen, welcher nach der von ihm erfundenen Construction bei 97 Umdrehungen in 1 Minute und bei einem Kraftaufwande von 4,76 Kilogr. 53 Kubikmeter Luft fortschafft.

In heiſsen Gegenden, wo es nicht genügt, frische Luft herbeizuführen, sondern wo man auch eine Abkühlung derselben zu bewirken wünscht, ist die Aufgabe schwieriger, und daher haben sich vorzüglich die Engländer in Indien bemüht, die geeigneten Mittel für diesen Zweck aufzufinden. Dort bedient man sich der *Punka*, eines Rahmens von leichtem Holze mit einem Handgriffe und eingespanntem lose gewebten Baumwollenzeuche, die man in den Zimmern schwenkt, um eine Luftbewegung und dadurch Abkühlung der Menschen zu erzeugen, wodurch aber die Luft nicht wechselt und also keine eigentliche Ventilation bewirkt wird. Ebenso dient der *Tatty* bloſs zur Abkühlung, denn er besteht aus einer Matte, die vor den Thüren und Fensteröffnungen ausgespannt und stets mit Wasser feucht erhalten wird, um durch dessen Verdampfung Wärme zu binden. Zur Erreichung der eigentlichen Ventilation bleibt dann nichts anderes übrig, als die künstlich abgekühlte Luft durch mechanische Mittel in die Zimmer zu pressen, welches durch irgend eins der angegebenen und verschiedentlich modificirten Gebläse geschieht. Ein solcher Ventilator eigenthümlicher Art, allerdings sehr zusammengesetzt, ist von Wauchope[3] vorgeschlagen worden. Wie die Zeichnung Fig.
angiebt, wird die Luft durch eine Art Cylinder- oder Kastengebläse P, P vermittelst eines Pferdegöpels in Bewegung gesetzt. 244.
Ehe sie in das Haus gelangt, strömt sie durch die vielen Windungen einer langen Röhrenleitung SS, welche aus 6 Zoll weiten, leicht gebrannten, thönernen Röhren poröser Art be-

---

1 Ueber die Ventilation im Hôtel des Invalides s. Machines approuv. T. VII. p. 379.

2 L'Institut. 6me An. N. 237. p. 324.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXII. p. 225.

Digitized by Google

steht, die stets feucht erhalten werden und die durchströmende Luft daher merklich abkühlen müssen. Um die Abkühlung zu verstärken, dienen die Flügel mm, welche durch eine Welle an der Kurbel hh schnell umgeschwungen eine bedeutende Luftbewegung erzeugen und somit die Verdunstung, mithin auch die Abkühlung der Röhren und der durch sie strömenden Luft befördern. Um Luft aufzufangen und dem Gebläse zuzuführen, dient der Trichter F nebst der Röhre BB, indem ersterer gegen den Wind gerichtet wird, diesen auffängt und auf solche Weise die Luft in die Röhrenleitung SS preſst, so daſs dann das Gebläse entbehrt werden kann und die ganze Ventilation ohne mechanische Mittel bewerkstelligt wird, wenn man die Bewegung der Flügel mm aussetzt, die Abkühlung der Röhren SS aber bloſs durch die Luftströmung geschehn läſst. Ebenso muſs man zwar die Röhren zuweilen benetzen, allein da sie durch ein Dach zwar gegen die Sonnenstrahlen, aber nicht gegen den Regen geschützt sind, so genügt es, wenn sie auf diese Weise nur von Zeit zu Zeit benetzt werden. Uebrigens wird nicht erwähnt, daſs solche Ventilatoren wirklich erprobt und zweckmäſsig gefunden worden sind, sondern die Beschreibung ist bloſs nach einem Modelle gemacht, welches der Erfinder verfertigen lieſs. In Indien und überhaupt an allen Orten, wo die äuſsere Luft heiſser ist, als die im Innern der Häuser, und wo das Bedürfniſs einer Abkühlung sich so fühlbar macht, wie auf den Schiffen, wo die verhältniſsmäſsig geringe Höhe über dem Wasserspiegel nicht gestattet, durch ihre Länge wirksame Zugcanäle anzubringen, ist man gezwungen, mechanische Mittel zur Erzeugung eines Luftwechsels anzuwenden, für Häuser aller Art unter mittleren und höhern Breiten ist es aber leicht, nach den angegebenen statischen und pneumatischen Gesetzen geeignete Ventilatoren zu construiren. Dahin gehören auch die drei bis fünf Zoll im Durchmesser haltenden kurzen Röhren mit einem Flugrädchen, welches eine zu starke Strömung hindert, einmal in Bewegung gesetzt aber vermöge der schrägen Richtung seiner fächerartigen Bleche die Luft durch sich gleichsam hindurchschraubt, wie man diese ehemals häufiger als jetzt im obersten Theile der Fenster anzubringen pflegte. Hauptsächlich ist es für manche Theile in den Bergwerken ein groſses Bedürfniſs, die sich fortwährend entwickelnden nachtheiligen

Digitized by Google

Luftarten, die bösen Wetter, bösen Schwaden, wegzuschaffen, was durch den sogenannten Wetterwechsel von selbst erfolgt, indem durch einen natürlichen, oft ausnehmend starken, einem Sturmwinde an Geschwindigkeit wenig nachstehenden Luftzug äuſsere Luft eindringt und die aus den innern Räumen, durch entwickelte Gasarten, durch Respiration und Verbrennungsprocesse verunreinigte, meistens aus den bis zu bedeutender Tiefe herabgehenden Schachten, entweicht. Wenn dieser natürliche Wetterwechsel stockt, so wird dadurch künstlich nachgeholfen, daſs man an irgend einer obern Stelle die Luft *erhitzt*, damit sie aufzusteigen beginnt, dadurch die untere Luft nach sich zieht und die nöthige Circulation einleitet, um das anhaltende Stagniren der verdorbenen Luft in den unteren, mehr geschlossenen, Räumen zu verhüten, wodurch sonst der Aufenthalt der Menschen daselbst gefährlich oder gar ganz unmöglich werden könnte. Eine hierfür geeignete Vorrichtung ist unter andern durch GARVEY[1] für Kohlenbergwerke ausführlich beschrieben worden, das Ganze gehört übrigens in das Gebiet der Bergwerkskunde; überhaupt lieſse sich noch Vieles über diesen Gegenstand beibringen, wenn man nur die meisten vorgeschlagenen Ventilatoren beschreiben wollte, es wird aber hier genügen, die wesentlichen Grundsätze, worauf alle gebaut sind, angegeben zu haben[2].

M.

1 *Dingler's* polytechnisches Journ. Th. XLIV. S. 451.

2 Auſser den Werken über technische Maschinen vergl. WHITEHURST on ventilation. Lond. 1794. 4. BÖBERT von Luftwechselmaschinen. Petersb. 1797. 4.

Venus.

Venus; Venus; *Venus;* der zweite Planet unseres Sonnensystems, der unmittelbar auf Mercur, den nächsten bei der Sonne, folgt. Man erkennt ihn an seinem blendenden Lichte, durch das er oft selbst am hellen Tage sichtbar wird und bei Nacht, gleich dem Monde, an den von ihm beschienenen Körpern einen Schatten wirft. Dieser Planet ist der einzige, den Homer erwähnt, bei dem er[1] *κάλλιστος*, der schönste, heiſst.

„Hell wie der Stern vorstrahlt in dämmernder Stunde des Melkens,
„Hesperus, der der *schönste* erscheint von den Sternen des Himmels.
(Uebers. von Voſs.)

Diese Benennung, *Hesperus* oder *Vesperugo* (Abendstern), erhielt er, weil man ihn wahrscheinlich zuerst als einen Wandelstern um diejenige Zeit erkannte, wo er in den Abendstunden am westlichen Himmel, nach Untergang der Sonne, im hellsten Lichte glänzte. Einen ähnlichen hellen Stern erkannte man auch bald darauf in den Morgenstunden an der Ostseite des Himmels, wo er dem Aufgange der Sonne vorherging, daher man diesen *Phosphorus*, Lichtbringer oder Morgenstern, nannte. Es war vielleicht eine fortgesetzte Aufmerksamkeit nöthig, um zu erkennen, daſs beide Sterne nur einer und derselbe sind. Man sagt, daſs Pythagoras die Identität der beiden Gestirne zuerst erkannt habe. Uebrigens hat Mercur gleiche Ansprüche auf diesen Doppelnamen eines Morgen- und Abendsterns, doch zog Venus durch ihren hellen Glanz die Aufmerksamkeit der Menschen besonders auf sich und die spätern Dichter der Griechen, so wie die der Römer, sind voll von dem Lobe ihrer Schönheit.

Qualis ubi oceani perfusus Lucifer unda,
Quem Venus ante alios astrorum diligit ignes,
Extulit os sacrum coelo tenebrasque resolvit.
Virg. Aen. VIII, 589.

---

1 Homer. Il. L. XXII. v. 318.

Dieser Planet erhielt das Zeichen ♀ eines runden Spiegels mit einer kreuzförmigen Handhabe, des nothwendigsten Attributs einer Göttin der Schönheit. In der Mineralogie bezeichnet man damit das Kupfer, weil vielleicht die ersten Spiegel der Alten aus diesem Metalle verfertigt worden sind.

I. Allgemeine Erscheinungen dieses Planeten.

Da sich die sogenannten zwei *untern Planeten*, Mercur und Venus, innerhalb der Erdbahn um die Sonne bewegen, so müssen sie uns dieselben Lichtwechsel (Phasen) zeigen, wie der Mond. Das helle Licht dieser beiden Planeten und ihre *stete* Nähe bei der Sonne hindert uns, diese Phasen mit freiem Auge zu erkennen. Die Fernröhre, durch welche das die hellen Körper gewöhnlich umgebende parasitische Licht entfernt und dadurch ihre Grenze schärfer bestimmt wird, führten gleich anfangs zu der Entdeckung dieser Phasen, die Galilei schon im J. 1610 zuerst erblickte.

Wenn Venus nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel ganz nahe an der östlichen Seite der Sonne steht, wo ihr Durchmesser völlig beleuchtet, aber auch zugleich am kleinsten erscheint (also gleich nach der obern Conjunction), entfernt sie sich in einer directen (gen Ost gerichteten) Bewegung täglich mehr von der Sonne, und wenn sie nahe 47 Grade von derselben absteht, kehrt sie wieder zu ihr zurück. Wenn sie bei diesem Gange zur Sonne derselben gegen 29 Grade nahe gekommen ist, steht sie einige Tage unter den Sternen still, und nimmt dann eine retrograde (westliche) Bewegung an, wobei sie sich der Sonne noch immer mehr nähert, bis sie sich endlich des Abends (zur Zeit der untern Conjunction) ganz in den Sonnenstrahlen verliert. Indeſs hat seit dem Anfange dieser Periode ihr Durchmesser immer zugenommen, während sich das Licht vom östlichen Rande derselben stets mehr zurückzieht, so daſs nur die Westseite beleuchtet erscheint, wie wir dieses beim Monde zur Zeit des ersten Viertels bemerken. Kurz ehe der Planet in den Sonnenstrahlen uns unsichtbar wird, hat er nur die Gestalt einer feinen Lichtsichel, deren convexe Seite westlich oder gegen die Sonne gekehrt ist. Nachdem er uns dann einige Zeit ganz

Digitized by Google

unsichtbar geblieben ist, sieht man ihn wieder des Morgens vor dem Aufgange der Sonne, aber auf der westlichen Seite der Sonne. Hier erscheint sein Durchmesser am gröſsten, und sein Licht hat wieder die Gestalt einer feinen Sichel, deren convexe Seite aber östlich, d. h. wieder der Sonne zugewendet ist. Indem er sich nun allmälig immer mehr von der Sonne entfernt, wobei seine östliche Beleuchtung wächst, während sein Durchmesser immer abnimmt, geht er, wie zuvor, noch immer, obschon stets langsamer, rückwärts (oder gen West), bis er sich wieder 29 Grade von der Sonne, auf der Westseite derselben, entfernt hat, wo er wieder einige Zeit still zu stehen, d. h. wo er seine von der Erde gesehene Länge gar nicht zu ändern scheint. Gleich darauf fängt er seine directe (gen Ost gerichtete) Bewegung an, entfernt sich aber dabei immer mehr von der Sonne westwärts, bis er wieder 47 Grade westlich von ihr steht, worauf er sich der Sonne wieder so lange nähert, bis er sich endlich in ihren Strahlen (zur Zeit der obern Conjunction) verliert, und von da an wieder dieselbe Periode von Erscheinungen durchläuft, die wir so eben beschrieben haben. In der zweiten Hälfte dieser Periode, von der untern bis zur obern Conjunction mit der Sonne, befindet sich der Planet immer auf der Westseite der Sonne, ist immer auf seiner östlichen Seite beleuchtet und sein Durchmesser, der anfangs am gröſsten war, wird immer kleiner, bis er endlich, in der untern Conjunction, wieder, wie im Anfange jener ganzen Periode, am kleinsten, obschon zugleich ganz erleuchtet ist. Die Dauer dieser ganzen Periode beträgt im Mittel 1 Jahr und 218 Tage. Ein Bild der Aufeinanderfolge dieser Erscheinungen giebt die Zeichnung, wo S den Mittelpunct der Sonne, T den der Erde und A, B, C, D den der Venus vorstellen. Im Anfange der erwähnten Periode, d. h. in der obern Conjunction, ist Venus in A, wo die der Erde zugekehrte Hälfte des Planeten ganz erleuchtet ist. In der Mitte der Periode, oder in der untern Conjunction, ist Venus in C, und hier ist die der Erde zugewendete Seite ganz dunkel. Dort ist der scheinbare Halbmesser (oder der Winkel aTb) am kleinsten, hier ist er gleich a′Tb′ oder am gröſsten. Im ersten Viertel ist Venus in B, und hier erscheint die westliche Hälfte derselben beleuchtet, im letzten Viertel oder in D aber die östliche Hälfte derselben. In der gröſsten

Fig. 245.

Elongation ist Venus in E oder in F, wo TE und TF die durch die Erde T gehende Tangente der Planetenbahn bezeichnen. Wird diese Bahn kreisförmig angenommen, so ist der Winkel TSE = TSF ein rechter Winkel. Wenn die Erde in T fest stände, so würde sich in den Puncten E und F die Venus für einige Zeit in der Richtung dieser zur Erde gehenden Tangenten ET oder FT aufhalten oder sie würde in Beziehung auf die Fixsterne einige Zeit still zu stehn scheinen; aber die Erde bewegt sich in dieser Zeit von T nach t, nach der rechten Seite, und dieses ist die Ursache, daſs sich der Planet E umgekehrt nach der linken Seite zu bewegen scheint, also noch immer seine directe oder östliche Bewegung beibehält, die er von A bis E durch den Bogen ABE gehabt hat. Allein einige Tage darauf wird der Fall eintreten, daſs die tägliche Bewegung ee′ des Planeten und die tägliche Bewegung aa′ der Erde so beschaffen sind, daſs die beiden Gesichtslinien ae und a′e′ einander parallel sind, und dann wird uns der Planet, während er von e nach e′ geht, in Beziehung auf die Fixsterne einige Zeit still zu stehn scheinen. Da aber die tägliche Bewegung ee′ der Venus nur um ihren sechsten Theil gröſser ist, als die tägliche Bewegung aa′ der Erde, so muſs auch die Richtung ee′ nahe parallel seyn mit der Richtung aa′, wenn die Gesichtslinien ae und a′e′ unter sich parallel seyn sollen, und dieses geschieht erst drei Wochen vor oder nach der untern Conjunction in C. Dasselbe gilt auch von den Gesichtslinien bf und b′f′ nach dieser Conjunction. Zwischen den beiden Puncten e und f scheint also der Planet, von der Erde gesehn, rückwärts oder gen West zu gehn, während er durch den ganzen übrigen, die obere Conjunction einschlieſsenden Bogen seiner Bahn vorwärts oder gen Ost zu gehn scheint. Fig. 246.

II. Bestimmung der Stillstandspuncte der Venus.

Um diese Puncte e und f des geocentrischen Stillstandes genauer, durch Rechnung, zu finden, sey S die Sonne, P der Planet und T die Erde. Nehmen wir den Halbmesser ST der Erdbahn zur Einheit und setzen wir den Halbmesser SP der Planetenbahn = a, den Winkel SPT = π und den Fig. 247.

Digitized by Google

Winkel STP = y, wo also y die Elongation und π die jährliche Parallaxe bezeichnet, so erhalten wir

$$\text{Sin.}\, y = a\ \text{Sin.}\, \pi.$$

Bezeichnen aber l und λ die heliocentrische und geocentrische Länge des Planeten und L die heliocentrische Länge der Erde, so ist

$$\pi = \lambda - l$$

und

$$y = 180^\circ - (\lambda - L),$$

also auch

$$\text{Sin.}\, (\lambda - L) = a\, \text{Sin.}\, (\lambda - l).$$

Differentiirt man diese Gleichung in Beziehung auf l, λ und L und setzt dann das Differential von λ gleich 0, so erhält man

$$\frac{\partial l}{\partial L} = \frac{\text{Cos.}\, (\lambda - L)}{a\, \text{Cos.}\, (\lambda - l)} \text{ oder } \frac{\partial l}{\partial L} = -\frac{\text{Tang.}\, \pi}{\text{Tang.}\, y}.$$

Sind aber t und T die Umlaufszeiten des Planeten und der Erde, so ist

$$\frac{\partial l}{\partial L} = \frac{T}{t}$$

und überdieſs nach dem dritten Gesetze Kepler's $T^2 a^3 = t^2$, so daſs demnach die obige Gleichung in die folgende übergeht

$$\text{Tang.}\, y = - a^{\frac{3}{2}}.\, \text{Tang.}\, \pi.$$

Eliminirt man aus dieser und aus der obigen Gleichung $\text{Sin.}\, y = a\ \text{Sin.}\, \pi$ die Gröſse π, so erhält man

$$\text{Tang.}\, y = \frac{a}{\sqrt{1 + a}}$$

und diese Gleichung giebt die Elongation y für den Stillstand des Planeten in geocentrischer Länge, wenn man die Excentricität und die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik vernachlässigt. Setzt man in der letzten Gleichung für a seinen gröſsten und kleinsten elliptischen Werth, so erhält man $y = 29^\circ\ 30'$ und $y = 27^\circ\ 40'$ für die Elongation der Venus im Augenblick des Stillstandes oder für die Elongation dieses Planeten am Anfange und am Ende seiner retrograden Bewegung. Der Bogen, den der Planet zwischen diesen beiden Zeitpuncten beschreibt, ist $16^\circ\ 31'$ oder $15^\circ\ 20'$, und die

Digitized by Google

Dauer dieser rückgängigen Bewegung beträgt 43 und 41 Tage. Endlich ist die gröſste Elongation y′, welche die Venus von der Sonne annehmen kann, für den einen Fall 47° 18′ und für den andern 45° 24′, wie man aus der Gleichung Sin. $y' = a$ oder Tang. $y' = \frac{a}{\sqrt{1-a^2}}$ findet[1].

III. Elemente dieses Planeten und seiner Bahn.

Nach den neuesten Bestimmungen ist die halbe groſse Axe der Venusbahn 0,7233317 Halbmesser der Erdbahn. Nimmt man den letztern nach Encke's neuesten Bestimmungen zu 20665840 geogr. Meilen an, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehn, so erhält man für die halbe groſse Axe der Venusbahn 16348000 Meilen. Die Excentricität dieser Bahn beträgt 0,006862 der Halbaxe der Bahn oder 103000 geogr. Meilen. Demnach ist die gröſste *Entfernung* der Venus von der Sonne 16451000, die mittlere 16348000 und die kleinste 16245000 Meilen. Viel mehr verschieden aber sind die Entfernungen dieses Planeten von der Erde. Um dieselben der Kürze wegen nur in Millionen von Meilen anzugeben, ist diese Entfernung der Venus von der Erde

	in der obern Conjunction	in der untern Conjunction
gröſste . . .	35 Mill.	6 Mill.
mittlere . . .	34½	5½
kleinste . . .	34	5

so daſs also ihre Entfernung von der Erde von 5 bis auf 35 *Millionen* Meilen steigen kann. Die *Umlaufszeiten* dieses Planeten um die Sonne sind:

	Tage		
die siderische	224, 70078	oder	224 Tage 16^h 49′ 7″
die tropische	224, 69543	...	224 ... 16 41 25
die synodische	583, 92	...	1 Jahr 218 Tage 16^h.

Daraus folgt die mittlere tropische Bewegung der Venus in

1 Umständlicher findet man diesen Gegenstand erörtert in Littrow's theor. und pract. Astron. Bd. II. S. 103.

einem Tage 1° 36′ 7″,8. Die *Epoche* oder die mittlere Länge derselben für den 1. Januar 1800 im mittlern Mittag von Paris ist 146° 44′ 55″,8, und die *Länge des Periheliums* ihrer Bahn für dieselbe Zeit 123° 43′ 6″,0 mit der säculären tropischen Aenderung von + 4698″; die *Länge* des aufſteigenden Knotens 74° 51′ 41″ mit der säculären tropischen Aenderung von + 2972″; endlich die *Neigung* der Bahn gegen die Ekliptik 3° 23′ 28″,5 mit der säculären Zunahme von 7″,2. Das Zeichen + bei dem Perihel und Knoten bedeutet den Zuwachs oder den Gang derselben gegen Osten. In Beziehung auf den Aequator der Erde ist die *Rectascension* des aufſteigenden Knotens der Venusbahn 7° 58′ 56″ und die *Neigung* derselben 24° 33′ 21″; in Beziehung auf den Sonnenäquator aber ist die Rectascension des aufſteigenden Knotens 242° 45′ und die Neigung 4° 9′. Der *wahre Durchmesser* der Venus ist 0,985, die *Oberfläche* 0,970 und das *Volumen* derselben endlich 0,96 von dem der Erde oder der Durchmesser der Venus beträgt 1694 geogr. Meilen, die Oberfläche 9003000 Quadratmeilen und das Volumen 2552707000 Kubikmeilen. Der *scheinbare Durchmesser* dieses Planeten aber oder der Winkel, unter welchem er von der Erde gesehn wird, beträgt

in der gröſsten Distanz	. . . . .	9″,4
mittlern	. . . .	17″,0
kleinsten	. . . .	62″,0

Die *Masse* der Venus beträgt nur $\frac{1}{401850}$ der Sonnenmasse oder $\frac{88}{100}$ der Erdmasse. Die Dichtigkeit dieser Masse ist $\frac{92}{100}$ der Dichte der Erde oder die Dichte der Venusmasse ist 4,5 der Dichte des reinen Wassers. Auf der Oberfläche der Venus fallen die Körper in der ersten Secunde durch den Raum von 13,739 Par. Fuſs, während dieser Fall auf der Oberfläche der Erde am Aequator derselben bekanntlich 15,098 Par. Fuſs beträgt. Die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher sich dieser Planet in seiner Bahn bewegt, beträgt 4,9 Meilen oder 111800 Par. Fuſs in einer Secunde, während die der Erde 4,1 Meilen oder 93544 Fuſs ist. Daraus folgt, daſs Venus in ihrer mittlern Bewegung um die Sonne während jeder Secunde um 2,42 Par. Linien gegen die Sonne fällt, während dieser Fall bei der Erde 1,27 und beim Uranus nur 0,003 Par. Linien be-

Digitized by Google

trägt. Die *Rotation* des Planeten um seine Axe wird zu 0,973 Tagen oder zu 23 Stunden 21 Min. angenommen. Endlich ist das mittlere Verhältniſs des Lichts und der Wärme auf der Oberfläche der Venus zu dem auf der Erde 1,9 zu 1 oder nahe das Doppelte von dem der Erde.

Diese Rotation der Venus erkennt man, wie bei allen andern Planeten, aus den Flecken, welche Venus auf ihrer Oberfläche zeigt. Allein diese Flecken sind bei der Venus nur schwer mit einiger Deutlichkeit zu erkennen, was vielleicht von ihrer Beschaffenheit kommt, die sehr wenig von der der übrigen Oberfläche verschieden seyn mag, was aber noch einen andern Grund in dem blendenden Lichte dieses Planeten, so wie auch darin hat, daſs er immer nur kurze Zeit vor dem Aufgange und nach dem Untergange der Sonne und zwar auch da nur in der Nähe des Horizonts beobachtet werden kann. D. Cassini, der im J. 1666 diese Flecken zuerst wahrnahm, folgerte daraus die Umdrehung der Venus zu 24 Stunden, wie die unserer Erde, Bianchini[1] dagegen, der diese Flecken durch sehr lange Fernröhre beobachtet hatte, fand ein ganz anderes Resultat. Nach ihm soll diese Rotationszeit nicht 24 Stunden, sondern 24 Tage betragen. Die k. Akademie der Wissenschaften zu Petersburg hatte auf die genaue Bestimmung dieser Zeit zweimal einen Preis ausgesetzt, aber keine Abhandlung darüber erhalten. Schröter[2], der diesen Gegenstand lange und eifrig verfolgte, fand aus seinen Beobachtungen der Venusflecken diese Rotationszeit $= 23^h\ 28'$ und aus den Beobachtungen der hohen Berge dieses Planeten dieselbe $23^h\ 21'$.

IV. Phasen der Venus.

Es ist bereits oben gesagt worden, daſs dieser Planet uns ähnliche Lichtwechsel zeigt, wie der Mond. Galilei hat zuerst diese Phasen im J. 1610 gleich nach der Erfindung des Fernrohrs gesehen und sie in seinem *Nuntius sidereus* bekannt gemacht. Er und Kepler gebrauchten diese Erscheinungen als einen Hauptbeweis, daſs die Venus, dem Coper-

1 Hesperi et Phosphori nova phaenomena. Romae 1728. Cap. V.
2 Aphroditographische Fragmente. Helmst. 1796. S. 17. 42.

nicaniſchen Syſteme gemäſs, um die Sonne, nicht aber um die Erde gehe. Um die Geſtalt dieſer Phaſen für jeden Punct der
Fig. 248. Venus in ihrer Bahn zu beſtimmen, ſey T der Mittelpunct der Erde, S der der Sonne und V der der Venus. Man ziehe ba auf SV und cd auf TV, ſo wie ag auf cd ſenkrecht. Die kreisförmige Grenze des uns ſichtbaren Theils der Oberfläche der Venus erſcheint uns, wegen ihrer ſchiefen Lage gegen unſere Geſichtslinie, als eine Ellipſe, deren halbe groſse und kleine Axe a und b ſeyn ſollen. Dieſes vorausgeſetzt wird alſo Va = Vc = a und Vg = b ſeyn, ſo daſs man hat

$$\frac{b}{a} = \text{Cos.}\, cVa = \text{Sin.}\, SVc.$$

Es iſt aber

$$SVc = SVT - 90^\circ,$$

alſo iſt auch

$$\frac{b}{a} = -\text{Cos.}\, SVT \quad \ldots \quad (I)$$

oder die Gröſse $\frac{b}{a}$ iſt gleich dem Coſinus der jährlichen Parallaxe SVT des Planeten. Für den Mond, deſſen Entfernung von der Erde viel kleiner iſt, als die Diſtanz der Sonne von der Erde, kann man ohne merklichen Fehler die beiden Linien SV und ST einander parallel annehmen. Dadurch wird $SVT = 180^\circ - T$, alſo auch die vorige Gleichung

$$\frac{b}{a} = \text{Cos.}\, T \quad \ldots \quad (II),$$

wo T der Winkel der Elongation an der Erde iſt. Daraus folgt auch

$$\frac{a-b}{a} = 1 - \text{Cos.}\, T = 2\,\text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2} T.$$

V. Gröſstes Licht der Venus.

Dieſer Planet zeigt uns in der obern Conjunction ſeine ganze erleuchtete Hälfte und hier ſollten wir ihn alſo auch am hellſten ſehn. Allein in der obern Conjunction iſt er auch zugleich am weiteſten von uns entfernt und daher am kleinſten, ſo wie ſein Licht hier von dem der zu nahen Sonne beträchtlich abſorbirt wird. Durch dieſe beiden Urſachen wird das Licht deſſelben wieder ſehr geſchwächt.

Digitized by Google

Um die Elongation der Venus zu finden, für welche ihr Licht, von der Erde gesehn, am hellsten erscheint, sey F die Oberfläche des Planeten und f die uns zugekehrte Fläche ihres beleuchteten Theils, so wie V und T die Winkel an der Venus und der Erde in dem Dreiecke zwischen diesen zwei Körpern und der Sonne, so hat man nach dem Vorhergehenden

$$\frac{f}{F} = \frac{1 + \text{Cos. } V}{2} \text{ und überdieſs } F = \frac{1}{\varrho^2},$$

wo ϱ die Distanz der Venus von der Erde bezeichnet, also auch

$$f \, . \, \varrho^2 = \text{Cos.}^2 \tfrac{1}{2} V.$$

Differentiirt man diesen Ausdruck und setzt $\partial f = 0$, so erhält man

$$\frac{\partial \varrho}{\varrho \, \partial V} = - \tfrac{1}{2} \text{Tang. } \tfrac{1}{2} V.$$

Ist aber R und r die Distanz der Erde und der Venus von der Sonne, so hat man

$$R^2 = r^2 + \varrho^2 - 2 r \varrho \, \text{Cos. } V,$$

also auch, da R und r constant oder die Bahnen der Erde und des Planeten kreisförmig angenommen werden,

$$\frac{\partial \varrho}{\varrho \, \partial V} = \frac{r \, \text{Sin. } V}{r \, \text{Cos. } V - \varrho} = - \text{Tang. } T.$$

Setzt man beide Werthe von $\frac{\partial \varrho}{\varrho \, \partial V}$ einander gleich, so erhält man

$$2 \, \text{Tang. } T = \text{Tang. } \tfrac{1}{2} V.$$

Es ist aber auch allgemein

$$\text{Sin. } T = \frac{r}{R} \text{ Sin. } V.$$

Eliminirt man aus diesen beiden Gleichungen die Gröſse V, so erhält man

$$\text{Cos. } T = \frac{2r}{3R} \left[\sqrt{1 + \frac{3R^2}{r^2}} - 1 \right] \quad \ldots \quad \text{(III)}$$

und diese Gleichung giebt die Elongation T oder den Winkel an der Erde für die Zeit des gröſsten Lichts der Venus. Will man noch die Entfernung ϱ der Erde von dem Planeten für dieselbe Zeit haben, so ist

$$r^2 = R^2 + \varrho^2 - 2 R \varrho \operatorname{Cos.} T,$$

woraus folgt

$$\varrho = R \operatorname{Cos.} T + \sqrt{r^2 - R^2 \operatorname{Sin.}^2 T}$$

oder, wenn man hierin den Werth von T aus (III) substituirt,

$$\varrho = -2r + \sqrt{3 R^2 + r^2} \quad . \; . \; . \quad \text{(IV)}$$

Setzt man Venus und Erde in ihren mittleren Distanzen von der Sonne, also $R = 1$ und $r = 0{,}7233$, so findet man aus den Gleichungen (III) und (IV)

$$T = 39^\circ\, 43' \text{ und } \varrho = 0{,}43.$$

Das gröſste Licht der Venus hat also bei der Elongation von 39° 43′ zu beiden Seiten der untern Conjunction statt. Der scheinbare Durchmesser dieses Planeten, der in der untern Conjunction 62″ beträgt, ist hier nur 40″, und der beleuchtete Theil desselben beträgt sogar nur 10″, aber diese zehn Secunden reichen doch schon hin, den Planeten in diesem Puncte seiner Bahn für die Erde in dem glänzendsten Lichte erscheinen zu lassen.

VI. Oberfläche der Venus.

Da die Lichtgrenze dieses Planeten nie rein abgeschnitten, sondern immer sehr ausgezackt erscheint, so werden auch auf seiner Oberfläche viele Berge und Thäler anzutreffen seyn. Besonders deutlich erkennt man ihre Wirkung an den beiden Enden der sichelförmigen Phasen, die bald sehr zugespitzt, bald sehr abgerundet erscheinen; auch bemerkt man oft noch in beträchtlicher Entfernung von der Lichtgrenze, in der Nachtseite der Venus, isolirte hellleuchtende Puncte, die offenbar von hohen Bergen kommen, deren Gipfel von der Sonne vergoldet werden, wenn ihr Fuſs noch in dem Schatten der Nacht ruht. Sehr merkwürdig ist die ungemeine Höhe dieser Berge auf der Venus. Schröter hat in seinen aphrod. Fragmenten Tab. VIII. eine Charte mitgetheilt, worauf die vorzüglichsten Berghöhen der Erde, des Mondes und der Venus zur Uebersicht zusammengestellt werden. Auf der Erde hat z. B.

Digitized by Google

der Pic von Teneriffa nach SCHRÖTER	1904	Toiſen
der Montblanc	2390	
der Chimboraço	3350	
der Dhawalagiri	4025	

Auf unſerm Monde ſoll die Höhe des Huyghens 3600 und die des Leibnitz 4200 T. betragen; auf der Venus aber fand er folgende Berghöhen:

am	21. Febr. 1790 (§. 16.) . . .	Höhe	6500	Toiſen
-	20. Dec. 1794 (§. 158.)		9000	
-	12. März 1790 (§. 14.)		9500	
-	31. Jan. 1790 (§. 14.)		16000	
-	15. Dec. 1791 (§. 37.)		22300	

ſo *daſs also* der letzte dieſer Berge mehr als viermal höher *ist, als* der höchſte Berg der Erde. Auch auf dieſem Planeten, wie auf der Erde, ſind die meiſten und höchſten Berge auf der ſüdlichen Hemiſphäre, wo ſie, gleich unſern Cordilleren, oft Ketten von 200 Meilen Länge bilden. Es iſt auffallend, daſs bei allen Planeten, die wir in dieſer Beziehung näher unterſuchen können, die ſüdliche Hemiſphäre immer auch die gebirgigere und die kältere iſt, ſo daſs Süd und Nord in unſerm Weltſyſteme nicht bloſs eine rein mathematiſche Unterſcheidung begründen, ſondern auch in ihren *physischen* Eigenſchaften weſentlich von einander verſchieden zu *seyn scheinen*, etwa wie bei dem Magnetiſmus der Erde, was auch FRANKLIN *schon* behauptet hat.

Die Beobachtungen SCHRÖTER's laſſen die Exiſtenz einer beträchtlichen *Atmosphäre* dieſes Planeten nicht weiter bezweifeln. Er ſchlieſst ihr Daſeyn vorzüglich aus der ſtarken Dämmerung, die er auf dieſem Planeten beobachtet hat, und aus *dem* nur allmäligen Uebergange der beleuchteten Seite in die *dunkle.* Die Höhe der Atmoſphäre, die er daraus ableitet, bis zu der Grenze, wo ſie das Licht noch merklich zurückwirft, ſchätzt SCHRÖTER auf 39000 Fuſs, während ſie bei der Erde nur 28000 Fuſs betragen ſoll.

Der *Aequator* der Venus ſoll nach einigen, aber nicht eben ſehr verläſslichen Beobachtungen volle 72 Grade gegen die Ebene der Bahn geneigt ſeyn, ſo daſs daher auf dieſem *Planeten* die Schiefe der Ekliptik mehr als dreimal gröſser ſeyn *würde,* als auf der Erde. Wegen dieſer Einrichtung erſtreckt

Digitized by Google

ſich auf der Venus die heiſse Zone, in welcher die Sonne wenigstens einmal des Jahres im Zenith des Beobachters steht, vom Aequator zu beiden Seiten bis auf 72 Grade. Da aber auch einem groſsen Theile dieser Zone die Sonne im Winter durch mehrere Monate gar nicht aufgeht, so wird man diese Theile der heiſsen Zone auch zugleich zur kalten zählen müſsen, wenn man die gewöhnliche Definition der Ausdrücke *heiſse* und *kalte Zone* beibehalten will, so daſs sich also auf der Venus die beiden extremen Zonen beinahe ganz vermiſchen und für die *gemäſsigte* nur ein schmaler Streifen übrig bleibt. Selbst in der Mitte der beiden kalten Zonen oder in den zwei Polen selbst wird sich die Sonne im Sommer noch bis zu einer Höhe von 72 Graden erheben, und die Bewohner des Aequators, in der Mitte der heiſsen Zone, werden die Sonne im Winter nur in der geringen Höhe von 18 Graden über ihrem Horizonte erblicken. Dadurch werden demnach in den Erscheinungen des Klima's und der Jahreszeiten Veränderungen auf der Venus hervorgebracht, die den Bewohnern der Erde ganz unbekannt sind.

VII. Mond der Venus.

In frühern Zeiten hat man viel von einem Monde geſprochen, der die Venus auf ihrem Wege um die Sonne begleiten soll. Die dahin gehörigen Beobachtungen sind von Dominik Cassini im J. 1686 und auch schon früher im J. 1672, von Short in England 1740 und von Montaigne 1761. Aeltere des Franz Fontana vom Jahre 1646 werden, wie Kästner zeigte, sehr unrichtig als Wahrnehmungen eines Venustrabanten angeführt, da sie sich bloſs auf Abbildungen der durch ein schlechtes Fernrohr betrachteten Venus gründen. Wargentin beobachtete die Venus zu derselben Zeit mit Montaigne, ohne den Mond zu sehn, und schon er wundert sich, daſs man ihn in neunzig Jahren nur dreimal und immer nur gleichsam in der Eile geſehn habe. Da man ihn seitdem nicht wieder, auch nicht einmal bei den beiden Durchgängen der Venus vor der Sonne in den Jahren 1761 und 1769, geſehn hat, und da überhaupt alle weitere Bemühungen der Astronomen, ihn aufzufinden, vergebens gewesen sind, so ist jetzt der allgemeine Glaube, daſs jene Erschei-

nungen auf optischen Täuschungen beruhn. Hell's Meinung[1], daſs sich bei Betrachtung dieses so hell glänzenden Planeten sein Bild auf der Pupille entwerfe, welches sich wieder in dem Augenglase des Fernrohrs spiegele und dadurch Veranlassung zu jener Wahrnehmung gegeben habe, ist längst als unwahrscheinlich verworfen worden. Eine solche Spiegelung könnte leichter unmittelbar von den polirten Glaslinsen des Fernrohrs kommen, besonders wenn diese, wie es früher wohl öfter der Fall war, nicht ganz senkrecht auf der optischen Axe des Fernrohrs stehn. Als Wargentin in Stockholm einmal bei einem andern Planeten eine ähnliche Täuschung sah, drehte er das Fernrohr um seine Axe und sah dabei auch den vermeinten Mond sich um den Planeten drehn. Indeſs war Lambert[2] in Berlin von der Wahrheit jener Beobachtungen so überzeugt, daſs er aus den Angaben jener Astronomen die Elemente und die Tafeln des Venusmondes abzuleiten suchte. Er fand aus diesen Beobachtungen, daſs der Satellit seiner groſsen Breite wegen bei den Durchgängen der Venus von 1761 und 1769 auf der Sonnenscheibe nicht sichtbar seyn konnte, daſs er aber bei der damals nahe bevorstehenden Conjunction am 1sten Junius 1777 sich auf der Sonne projiciren müsse. Allein die Astronomen haben ihn auch zu dieser Zeit vergebens gesucht. König Friedrich II. wollte diesen Mond, zu Ehren seines gelehrten Freundes dieses Namens, D'Alembert genannt wissen. Allein dieser zog sich von dieser königlichen Gunstbezeugung mit den Worten zurück: „*Je ne suis ni assez grand pour devenir au ciel le satellite de Venus, ni assez jeune, pour l'être sur la terre, et je me trouve trop bien du peu de place, que je tiens de ce bas monde, pour en ambitionner une au firmament.*"

VIII. Durchgänge der Venus vor der Sonne.

Wenn die untere Conjunction der Venus in der Nähe der Knoten ihrer Bahn statt hat, so sieht man diesen Planeten als einen runden schwarzen Fleck auf dem hellen Hintergrunde der Sonnenscheibe von Ost gen West vorüberziehn. Diese Er-

1 Ephem. Vienn. 1766. Append.
2 Mém. de Berlin. 1773. Berliner Ephemeriden 1777.

Digitized by Google

scheinung wird ein *Durchgang* der Venus genannt, und die Beobachtung desselben gehört zu den wichtigsten in der Astronomie, weil sie das beste, wohl das einzige Mittel giebt, die Distanz der Sonne von der Erde mit Genauigkeit kennen zu lernen. Die Alten kannten schon eine Methode, diese Distanz durch Beobachtungen zu bestimmen, und sie macht ihrem Scharfsinn Ehre, da sie vollkommen theoretisch richtig, aber leider praktisch unausführbar ist. Diese Methode wird dem Aristarch von Samos zugeschrieben. Dieser bemerkte nämlich, daſs zur Zeit der beiden Viertel des Mondes, in dem Augenblicke, wo die Lichtgrenze desselben eine gerade Linie ist, der Winkel am Monde in dem Dreiecke zwischen ihm, der Erde und der Sonne ein rechter Winkel seyn müsse. Ist also r die Entfernung des Monds und R die der Sonne von der Erde, und nennt man Δ den Winkel, unter welchem in jenem Augenblicke dem Beobachter auf der Erde der Mond von der Sonne absteht, so hat man in jenem rechtwinkligen Dreiecke

$$r = R \,\mathrm{Cos.}\, \Delta.$$

Ist aber p und P die Horizontalparallaxe des Monds und der Sonne, so hat man[1]

$$\mathrm{Sin.}\,p = \frac{1}{r} \text{ und } \mathrm{Sin.}\,P = \frac{1}{R},$$

wenn der Halbmesser der Erde gleich der Einheit gesetzt wird. Dadurch geht die vorhergehende Gleichung in die folgende über

$$\mathrm{Sin.}\,P = \mathrm{Sin.}\,p \,\mathrm{Cos.}\, \Delta,$$

und man sieht daraus, daſs man die Horizontalparallaxe P der Sonne finden kann, wenn man die Horizontalparallaxe p des Mondes und den Winkel Δ aus den Beobachtungen kennt, oder eigentlich, daſs man aus dem bloſsen beobachteten Winkel Δ auch sofort das Verhältniſs $\frac{R}{r}$ der Distanzen der Sonne und des Mondes von der Erde erhält, und dieses Verhältniſs ist es, was man eigentlich sucht. Differentiirt man aber die letzte Gleichung in Beziehung auf alle in ihr enthaltenen Gröſsen, so findet man

$$\partial P = \partial p \frac{\mathrm{Tang.}\,P}{\mathrm{Tang.}\,p} - \partial \Delta \,\mathrm{Tang.}\,P \,\mathrm{Tang.}\,\Delta.$$

1 S. Art. *Parallaxe.* Bd. VII. S. 287.

Digitized by Google

Nun ist aber P, wie jetzt bekannt, $= 8'',5$ und $p = 0° 57' 34''$. In dem erwähnten rechtwinkligen Dreiecke ist überdieſs der Winkel an der Sonne nahe 0° 8′, also auch der Winkel an der Erde oder $\Delta = 89° 52'$, so daſs man daher hat

$$\partial P = 0{,}002\, \partial p - 0{,}018\, \partial \Delta .$$

Nun ist für unsere Zeiten die Mondparallaxe p wohl bis auf eine Secunde bekannt und sonach bleibt bloſs der Fehler, den man bei der Beobachtung des Winkels Δ begehn kann, noch übrig. Unsere neueren Instrumente würden nun wohl diesen Winkel auch mit sehr groſser Genauigkeit geben, allein die Wahl des Augenblicks, in welchem er gemessen werden soll, ist noch groſsen Fehlern bloſsgestellt. Wegen der Ungleichheiten der Oberfläche dieses Satelliten ist es nämlich sehr schwer, den Augenblick mit Schärfe zu bestimmen, in welchem die Lichtgrenze eine gerade Linie ist. Da der Mond in seiner mittleren Bewegung in jeder Zeitminute sich durch 33 Raumsecunden bewegt, so würden wir, wenn wir die Wahl jenes Augenblicks um 10 Zeitminuten irrig nehmen, $\partial \Delta = 330''$ und daher

$$\partial P = - 0{,}018\, \partial \Delta = 5'',9,$$

also die Sonnenparallaxe schon über die Hälfte zu groſs oder zu klein finden. Aristarch aber muſs mit seinen noch sehr unvollkommnen Instrumenten viel gröſsere Fehler gemacht haben, da er das Verhältniſs der Distanz der Sonne und des Monds von der Erde

$$\frac{R}{r} = 18$$

fand, da er doch, wie wir jetzt wissen, dasselbe gleich 400, also volle 22 Mal gröſser hätte finden sollen, als er es nach seinen Beobachtungen bestimmte.

Dennoch blieb diese Methode bis zu Newton's Zeiten die einzige, durch welche man die Distanz der Sonne von der Erde bestimmen konnte, bis endlich im Jahre 1677 Halley zuerst die Entdeckung machte, daſs die Vorübergänge der Venus zu diesem Zwecke ungleich geeigneter sind, wie wir im Folgenden sehn werden.

Venus geht zwar alle neunzehn Monate einmal zwischen der Erde und der Sonne hindurch, aber wegen der Neigung ihrer Bahn von 3° 23′ und wegen ihrer zu dieser Zeit immer

Digitized by Google

sehr groſsen Annäherung zur Erde geht sie dann meistens über oder unter der Sonne weg und erscheint daher nicht vor der Sonnenscheibe. Das Letztere ist nur dann möglich, wenn ihre Entfernung vom Knoten nicht gröſser als 1° 49′ ist. Beim Mercur (der ebenfalls solche Durchgänge zeigt) ist diese Grenze gleich 3½ Grad, weshalb für diesen Planeten die Durchgänge vor der Sonne viel häufiger sind, als für die Venus; allein sie sind auch zugleich viel weniger geschickt zur Bestimmung der Sonnendistanz. Die Jahre der nächstvergangenen und künftigen Zeiten, in welchen ein solcher Durchgang der Venus statt fand oder finden wird, sind folgende:

1631	im December	1874	im December
1639	- December	1882	- December
1761	- Juni	2004	- Juni
1769	- Juni	2012	- Juni

Man sieht, daſs hier zwei oder eigentlich drei Perioden beobachtet werden, in welchen die Intervalle 8 und 105 und 122 Jahre sind. Kepler war der erste, der aus seinen eigenen Tafeln der Sonne und der Venus die beiden Durchgänge von 1631 und 1639 verkündigte, aber ohne ihre groſse Wichtigkeit zur Bestimmung der Sonnenparallaxe zu kennen. Der erste Durchgang, von 1631, wurde nicht gesehn, so sehr sich auch Gassendi darum bemühte, der durch ein Versehn seines Gehülfen um die Frucht seiner Beobachtung gebracht wurde. Der zweite Durchgang, von 1639, wurde allein von Horrox in England beobachtet, einem jungen Manne, von dessen vorzüglichen Talenten selbst Newton mit hoher Achtung sprach, der aber den Wissenschaften durch einen viel zu frühen Tod in der Blüthe seiner Jahre entrissen worden ist. Dieses ist überhaupt der erste Durchgang, welcher beobachtet worden ist, da Erscheinungen dieser Art vor der Verbesserung unserer Tafeln nicht wohl vorausgesagt und vor der Entdeckung der Fernröhre auch nicht gut beobachtet werden konnten.

Achtunddreiſsig Jahre später beobachtete der englische Astronom Edmund Halley, der Zeitgenosse und Freund Newton's, den Durchgang des Mercur im J. 1677 auf der Insel St. Helena im atlantischen Meere, einem Orte, der in unsern Tagen durch ein Ereigniſs ganz anderer Art berühmt geworden ist. Bei dieser Gelegenheit war es, daſs Halley die Wichtigkeit der Venusdurchgänge erkannte und auch bald

Digitized by Google

darauf in einer eigenen Abhandlung der Akademie der Wissenschaften zu London mittheilte. Er sagt darin, daſs man auf diesem Wege, wenn man nur die rechten Orte für die Beobachtung und die rechte Methode für die Berechnung dieser Beobachtungen anwendet, die Sonnenparallaxe bis auf ihren fünfhundertsten Theil genau bestimmen kann, während die Astronomen, welche diese Parallaxe bis dahin unmittelbar mit ihren Instrumenten messen wollten, dieselbe bald viel zu groſs, bald gleich Null, und zuweilen sogar negativ fanden. „Ich bemerkte," fährt er fort, „bei meiner Beobachtung Mercurs vor der Sonne in St. Helena sehr bald, daſs sich die Ein- und Austritte des rabenschwarzen Planeten auf der hellen Sonnenscheibe mit der äuſsersten Genauigkeit beobachten lassen, und dabei fiel mir sogleich ein, daſs man durch diese Beobachtungen auch die Sonnenparallaxe sehr genau finden müſste, wenn nur Mercur etwas näher zur Erde gerückt werden könnte. Allein bei der Venus ist dieses in der That der Fall, und da sie uns in ihrer untern Conjunction so ungemein nahe kommt, so wird sie schon sehr merklich auf die Zeiten einwirken, zu welchen ihre Ein- und Austritte an verschiedenen Orten der Oberfläche der Erde gesehn werden, daher man denn auch wieder umgekehrt aus den groſsen Differenzen jener Zeiten die Differenz der Entfernungen oder, was dasselbe ist, die Differenz der Parallaxen der Sonne und des Mondes mit groſser Sicherheit wird bestimmen können." Nachdem so Halley im Verfolge seiner Abhandlung den erstfolgenden Durchgang der Venus von 1761 vorausgesagt und die Orte, wo er am besten beobachtet werden würde, bestimmt, zugleich aber gezeigt hatte, wie man aus diesen Beobachtungen die Sonnenparallaxe ableiten könne, beschlieſst er seine Abhandlung mit den Worten: „Möge dieses höchstwichtige Phänomen des Jahrs 1761, das ich nicht so glücklich seyn kann zu erleben, von meinen Nachfolgern recht fleiſsig beobachtet werden, möge ihnen der Himmel die günstigste Witterung dazu gönnen, und mögen sie dann auch, wenn sie ihren Zweck glücklich erreicht und die Entfernung der Sonne von uns auf das beste bestimmt haben, nicht vergessen, daſs es ein Engländer gewesen ist, der diese glückliche Idee zuerst gehabt und vorgeschlagen hat." Diese Aufforderung verfehlte ihren Zweck nicht. Um den Durchgang von 1761 und den

Digitized by Google

noch vortheilhaftern von 1769 auf das vollständigste zu jenem Zwecke zu benutzen, sah man die aufgeklärtesten Regenten Europa's wetteifern, mit groſsen Kosten ihre Astronomen in die entferntesten Theile der Welt zu schicken. Die meisten derselben haben ihre Beobachtungen glücklich vollendet, ihre vollständige Berechnung aber wurde erst vor einigen Jahren von Encke ausgeführt, der als Endresultat die Sonnenparallaxe am Horizont und am Aequator der Erde, zur Zeit der mittleren Entfernung derselben von der Erde, gleich 8,5776 Secunden gefunden hat, woraus die mittlere Entfernung der Sonne selbst zu 20666800 geogr. Meilen folgt, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehn.

IX. Angemessenheit dieser Durchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe.

Um sich einen deutlichen Begriff von dem Verfahren zu machen, durch welches man aus jenen Durchgängen die Sonnenparallaxe mit so groſser Genauigkeit bestimmt hat, seyen TS und TV zwei Linien, welche den Mittelpunct der Erde T mit dem der Sonne S und dem der Venus V verbinden. Nennt man M den scheinbaren Halbmesser der Sonne und P ihre Horizontalparallaxe, und sind m und p dieselben Gröſsen für die Venus, so sieht man, wie schon der erste Anblick der Zeichnung zeigt, im Mittelpuncte der Erde den Anfang des Durchgangs oder den Eintritt der Venus in den östlichen Sonnenrand, wenn die geocentrische Entfernung der Mittelpuncte S und V gleich der Summe der Halbmesser oder wenn der Winkel STV = M + m ist. Rückt aber das Auge des Beobachters von dem Mittelpuncte T östlich nach B auf die Oberfläche der Erde, so wird dadurch die Venus sowohl als auch die Sonne auf die andere Seite oder gen West gerückt erscheinen, und zwar, wenn beide Gestirne für den Beobachter B im Horizonte erscheinen, Venus um den Winkel p und die Sonne um P. Da aber die Parallaxe der Venus viel gröſser ist, als die der Sonne, so wird Venus in Beziehung auf die als ruhend angenommene Sonne um die Gröſse p — P nach West rücken, also in die Sonne einzutreten scheinen, so daſs an dem Orte B der Erde, der am meisten gen Ost liegt, Venus schon um p — P in der Sonne zu stehn scheint, wenn

Fig. 249.

im Mittelpuncte T der Erde erst der Eintritt beobachtet wird. Der Ort B wird also auch den Eintritt sehn, wenn die geocentrische Entfernung beider Ränder noch p — P, also die geocentrische Entfernung der Mittelpuncte A = (M + m) + (p — P) ist, und dieser Ort B sieht offenbar den Eintritt von allen Orten der Erde *zuerst*, und da er im östlichen Horizonte der der Sonne zugekehrten Hälfte der Erde liegt, so sieht er diesen Eintritt bei seinem Sonnenuntergange, weil sich die Erde von West nach Ost oder von B gegen A dreht. Wäre im Gegentheil das Auge von T nach der entgegengesetzten Seite A oder nach West gerückt, so würde sich ihm die Venus um p — P gen *Ost* verrücken, und so wird an dem nach West am meisten entfernten Orte A der Eintritt unter allen Orten *zuletzt bei* Sonnenaufgang erfolgen, und zwar dann erfolgen, wenn Venus für den Mittelpunct der Erde schon um p — P in der Sonne stehend gesehn wird, d. h. wenn die geocentrische Entfernung der Mittelpuncte B = (M + m) — (p — P) ist. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gröſsen A und B ist aber = 2 (p — P) oder der doppelte Unterschied der Parallaxe. Der westliche Ort A wird also den Eintritt so viel später sehn, als der östliche B, als Venus Zeit gebraucht, sich der Sonne um die Gröſse 2 (p — P) zu nähern. Da sich aber die Venus, zur Zeit der untern Conjunction, um 234″ in einer Stunde nähert und p = 31″, P = 8″ ist, so wird sich Venus der Sonne um 2 (p — P) = 46″ in der Zeit von 12 Minuten nähern, und um ebendiese Zeit wird also auch der Ort B den Eintritt früher sehn, als A. So wie sich aber aus dem gegebenen Werthe von p — P jene Zeit (um welche ein Ort der Erde den Eintritt früher sieht, als ein anderer) berechnen läſst, ebenso wird sich auch umgekehrt, wenn dieser Zeitunterschied der Beobachtungen gegeben ist, daraus der ihm entsprechende Werth von p — P berechnen lassen, und man sieht, daſs diese Rechnung der Art ist, daſs sie das gesuchte Resultat p — P noch immer sehr richtig und genau geben wird, selbst wenn die Beobachtung (oder wenn jener Zeitunterschied) noch beträchtlich fehlerhaft seyn sollte. Darin aber besteht eben der groſse Vortheil dieser Methode. Denn da hier die sehr kleine Gröſse p — P = 23″ durch die Differenz von vollen 12 Zeitminuten bestimmt werden soll, so wird jeder Fehler in der Beobachtung von einer ganzen Zeitsecunde

den geſuchten Werth von p — P erſt um 0,03 einer Raumſecunde fehlerhaft machen, und man würde alſo z. B. einen Fehler in jener Zeitdifferenz von vollen 17 Zeitſecunden begehn müſſen, um die geſuchte Gröſse p — P nur um eine halbe Raumſecunde, d. h. um ihren 46ſten Theil fehlerhaft zu machen. Allein ſo groſse Fehler ſind bei einer Beobachtung ganz unmöglich, wo der ſchwarze Kreis des Planeten auf der hellen Sonnenſcheibe, wie ſchon oben Halley geſagt hat, ſo ſcharf geſehn und ſo genau beobachtet werden kann.

Nicht ſo vortheilhaft verhält ſich dieſes beim Mercur. Für dieſen Planeten iſt nämlich $p = 17''$ und $P = 8''$, alſo $2(p - P) = 18''$, und Mercur nähert ſich in ſeiner untern Conjunction um $550''$ in einer Stunde, ſo daſs er ſich alſo der Sonne um $2(p - P) = 18''$ ſchon in der Zeit von 2 Zeitminuten nähern wird und daher ein Fehler in der Beobachtung von einer Zeitſecunde den geſuchten Werth von p — P ſchon um 0,07 einer Raumſecunde, alſo nahe doppelt ſo groſs fehlerhaft machen muſs, als oben bei der Venus.

Durch dieſes Verfahren erhält man alſo bei der Venus den Werth von $p - P = a$ mit aller nur wünſchenswerthen Schärfe. Allein nach dem dritten Kepler'ſchen Geſetze iſt das Verhältniſs der mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne oder, was daſſelbe iſt, das Verhältniſs $\frac{p}{P} = b$ der Parallaxen ſchon bekannt und zwar, wie aus andern Gründen erhellt, ebenfalls ſehr genau bekannt. Hat man aber die beiden Gleichungen

$$p - P = a \text{ und } \frac{p}{P} = b,$$

ſo findet man auch daraus die beiden geſuchten Parallaxen p und P ſelbſt durch die Ausdrücke

$$p = \frac{ab}{b-1} \text{ und } P = \frac{a}{b-1}.$$

Um dieſen wichtigen Gegenſtand noch von einer andern Seite deutlich zu machen, ſo fand man z. B. für den Durchgang von 1769 durch *Rechnung* bei einer genähert angenommenen Sonnenparallaxe $P = 10''$ die Dauer des ganzen Durchgangs für den Mittelpunct der Erde $T = 6^h\,20'\,38''$; für Wardhus in Lappland (Polhöhe $70°\,22'\,30''$) fand man dieſelbe berech-

Digitized by Google

nete Dauer $t = 6^h\ 30'\ 54''$, also auch beider Differenz $t - T = 616''$. Dieser Ort ist aber absichtlich gewählt worden, weil für ihn die Dauer des Durchgangs sehr verschieden ist von dem, den man aus dem Mittelpuncte der Erde sehn würde. Hätte man nun in Wardhus die oben aus bloſsen Rechnungen gefundene Dauer von $6^h\ 30'\ 54''$ auch durch die unmittelbaren Beobachtungen ebenso groſs gefunden, so würde dieses ein Beweis gewesen seyn, daſs man bei jenen Rechnungen die Sonnenparallaxe $P = 10''$ richtig angenommen habe, da sie es vorzüglich ist, die auf diese Dauer einen groſsen Einfluſs hat. *Allein* der Astronom Hell aus Wien, der in Wardhus jenen Durchgang beobachtete, fand diese *beobachtete* Dauer $t' = 6^h\ 29'\ 34'',6$, also die Differenz $t' - T = 536'',6$. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Differenzen können, wenn man die Beobachtungen und die übrigen Elemente jener Rechnung als richtig voraussetzt, ihren Grund nur in der oben unrichtig angenommenen Sonnenparallaxe von $10''$ haben. Da sich nun die Wirkungen eines Fehlers im Allgemeinen wie ihre Ursachen verhalten, so kann man, wenn man die gesuchte wahre Sonnenparallaxe gleich P' setzt, annehmen

$$616'' : 536'',6 = 10'' : P',$$

woraus die verbesserte Sonnenparallaxe $P' = 8'',71$ folgt. Um zu sehn, wie genau man auf diese Weise den Werth von P' findet, hat man allgemein

$$P' = \frac{P(t' - T)}{t - T}.$$

Nimmt man an, daſs die beobachtete Dauer t' um $\partial t'$ fehlerhaft sey, so ist der daraus entspringende Fehler,

$$\partial P' = \frac{P \cdot \partial t'}{t - T}$$

oder in unserm Beispiele

$$\partial P' = \frac{10\,\partial t'}{616} = 0{,}0162\,\partial t',$$

so daſs also ein Fehler von einer ganzen Zeitminute in der beobachteten Dauer oder daſs $\partial t' = 60''$ den Werth von P noch nicht um eine einzige Raumsecunde fehlerhaft machen würde. Allein so groſse Fehler in t' dürfen für unmöglich gelten, da eben diese Beobachtungen, wie bereits oben gesagt

Digitized by Google

worden ist, ihrer Natur nach einer ganz besonderen Schärfe fähig sind.

X. Bestimmung der Sonnenparallaxe durch Rechnung.

Obschon das Vorhergehende den Weg zeigt, den man bei der Berechnung dieser Beobachtungen im Allgemeinen einzuschlagen hat, so wird doch die Angabe einer genauern Methode noch wünschenswerth seyn, da diese Bestimmungen zu den wichtigsten in der Astronomie gehören und da überdieſs die Mittheilungen dieser Methode schon oben (Art. *Umlaufszeit*) zugesagt worden ist. Bei den in IX. erwähnten Berechnungen hat man vorausgesetzt, daſs bloſs die Sonnenparallaxe oder eigentlich die Differenz der Parallaxen der Sonne und der Venus noch unrichtig sey, während die übrigen Elemente der Venus- und der Sonnenbahn als genau bekannt angenommen wurden, was in der That nicht der Fall ist. Besonders ist die Länge und Breite der Venus, so wie ihr Halbmesser noch etwas zweifelhaft, und Fehler in diesen drei Gröſsen können auf das gesuchte Resultat einen oft wichtigen Einfluſs ausüben.

Sey also für den Augenblick des beobachteten Ein- oder Austritts a und p die tabellarische geocentrische Rectascension und Poldistanz der Venus und r der Halbmesser derselben; die stündlichen Aenderungen von a und p wollen wir durch Da und Dp bezeichnen. Für die Sonne endlich sollen dieselben Gröſsen α, π, ϱ und $D\alpha$, $D\pi$ seyn. Die Differenz der Horizontalparallaxe dieser beiden Gestirne, welche die eigentlich gesuchte Gröſse unseres Problems ist, wollen wir durch x bezeichnen. Ist nun s der Stundenwinkel der Sonne und φ die geographische Breite des Beobachtungsortes, so ist, wie man aus dem Vorhergehenden[1] leicht findet, die Parallaxe der Rectascension eines Gestirns

$$p \,.\, \frac{\text{Cos.}\,\varphi\ \text{Sin.}\,s}{\text{Sin.}\,\pi}$$

und die Parallaxe der Poldistanz desselben

1 S. Art. *Parallaxe*. Bd. VII. S. 289.

Digitized by Google

$$P(\text{Sin.}\,\pi\,\text{Sin.}\,\varphi - \text{Cos.}\,\pi\,\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,s),$$

wo P die Horizontalparallaxe des Gestirns bezeichnet.

Setzt man also der Kürze wegen

$$A = \frac{\text{Cos.}\,\varphi\ \ \text{Sin.}\,s}{\text{Sin.}\,\pi} \text{ und } B = \text{Cos.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,\pi\,\text{Cos.}\,s - \text{Sin.}\,\varphi\,\text{Sin.}\,\pi,$$

so hat man, da für die Beobachtungen der Durchgänge beide Gestirne immer sehr nahe an einander stehn, für die Differenz der scheinbaren (durch die Parallaxe veränderten) Differenz der Rectascension der Sonne und der Venus

$$a - \alpha - A.x$$

und für die *Differenz* der scheinbaren Poldistanzen derselben

$$p - \pi - B.x.$$

Ferner *ist* die relative geocentrische Bewegung der Venus in Beziehung auf die als stillstehend angenommene Sonne in Rectascension

$$f = \frac{D\,a - D\,\alpha}{3600}$$

und die Poldistanz

$$g = \frac{D\,p - D\,\pi}{3600}.$$

Daraus laſsen sich aber auch sehr leicht die scheinbaren relativen Bewegungen der Venus f' und g' während einer Secunde *ableiten*, wenn man in den obigen Ausdrücken von A und B bloſs *die Gröſse s* veränderlich annimmt, wodurch man erhält

$$f' = f - 0{,}000072\,x\,\frac{\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,s}{\text{Sin.}\,\pi}$$

und

$$g' = g + 0{,}000072\,x\,\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,\pi\,\text{Sin.}\,s.$$

Nimmt man nun an, daſs die bisher gebrauchten Gröſsen a, p und r noch um die unbekannten Correctionen ∂a, ∂p und ∂r zu klein sind, so hat man in dem rechtwinkligen Dreiecke, dessen Hypotenuse die Mittelpuncte der Sonne und der Venus verbindet, den Ausdruck

$$(a - \alpha - A\,x + \partial a)^2\,\text{Sin.}^2\pi + (p - \pi - B\,x + \partial p)^2 = [\varrho \pm (r + \partial r)]^2,$$

wo das obere oder untere Zeichen gilt, wenn die Berührung der beiden Gestirne eine äuſsere oder eine innere ist. Setzt man der Kürze wegen

$$(a-\alpha)^2 \,\text{Sin.}^2\pi + (p-\pi)^2 = \Delta^2$$

und

$$\text{Cos.}\,\omega = (a-\alpha)\,\frac{\text{Sin.}\,\pi}{\Delta}$$

und entwickelt man die vorhergehende Gleichung, indem man die zweiten und höheren Potenzen von ∂a, ∂p und ∂r wegläſst, so hat man, wenn man $C = \frac{\Delta^2 - (\varrho \pm r)^2}{2\Delta}$ setzt, folgenden Ausdruck

$$C = x\,(A\,\text{Sin.}\,\pi\,\text{Cos.}\,\omega + B\,\text{Sin.}\,\omega) \\ - \partial a\,.\,\text{Sin.}\,\pi\ \text{Cos.}\,\omega - \partial p\,.\,\text{Sin.}\,\omega + \partial r$$

und dieses ist die gesuchte Bedingungsgleichung, welche für jede einzelne Beobachtung entwickelt werden soll. Man erhält dadurch so viele Gleichungen zwischen x, ∂a, ∂p und ∂r, als man Beobachtungen hat, und wird dann durch die bekannte Methode der kleinsten Quadrate die allen diesen Beobachtungen am besten entsprechenden Werthe von ∂a, ∂p, ∂r und x finden. Dieser zuerst von Euler und Lagrange angegebenen Form bediente sich, mit einigen Aenderungen, Encke in seinen oben erwähnten zwei Werken (Gotha 1822), in welchen er die vorzüglichsten aller Beobachtungen der beiden Durchgänge von 1761 und 1769 seiner sehr sorgfältigen Rechnung unterworfen hat. Er fand als Endresultat seiner sämmtlichen Arbeiten die Horizontalparallaxe der Sonne am Aequator, in ihrer mittlern Entfernung von der Erde, gleich 8″,5776, woraus dann die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde zu 20666800 geogr. Meilen folgt.

L.

Veränderung.

Unter dieser Aufſchrift wollen wir vorzüglich diejenigen Aenderungen betrachten, die man, was man vielleicht am wenigsten vermuthen sollte, an den himmlischen Körpern bemerkt. Während man nämlich hier unten alle Dinge steten Veränderungen und immer neuem Entstehn und Vergehn unterworfen sieht, glaubt man gewöhnlich, daſs die Körper des Himmels für immerwährende Zeiten keinem Wechsel ihrer Form, ihrer Bewegungen und ihrer gegenseitigen Anordnungen unter-

Digitized by Google

liegen, und daſs der Anblick des Weltalls, wie er jetzt ist, auch den frühesten Menschen als derselbe erschien und auch unsern spätesten Nachkommen ebenso erscheinen wird. Wie wenig gegründet aber diese Meinung ist, werden wir im Folgenden sehen.

A. Beständigkeit der Revolution und der Rotation der Himmelskörper.

Wenn wir zuerst diejenigen Gegenstände des Himmels angeben wollten, die nach unsern bisherigen Kenntnissen desselben in der That keinen Aenderungen unterliegen, so würde das Verzeichniſs derselben in der That sehr kurz ausfallen. *Die Umlaufszeiten* der himmlischen Körper um ihre Centralkörper, so wie die *Rotationszeiten* derselben um ihre eigenen Axen scheinen vor allen hierher zu gehören. Für die Planeten wenigstens ist das Erste durch Beobachtung sowohl, als auch durch die Theorie als erwiesen anzusehn, für die Kometen und für die Satelliten der Hauptplaneten scheint jedoch eine merkwürdige Ausnahme von dieser Regel einzutreten. Das Zweite aber, die Unveränderlichkeit der Rotationszeit, ist bisher nur für die Erde erwiesen, und auch da nur innerhalb des Bereiches unserer Menschengeschichte, die mit Ausschluſs des mythischen Zeitalters sich kaum auf viertausend Jahre erstreckt. Diese Rotation der Erde um ihre Axe hat ferner das Eigenthümliche, und dasselbe gilt wahrscheinlich auch für alle andere Planeten, daſs diese Axe immer durch *dieselben Puncte der Erde* geht, also, in Beziehung auf die Erde, *ebenfalls unveränderlich* ist, oder mit andern Worten, daſs der Aequator der Erde, also auch die beiden Pole derselben, immer durch dieselben Puncte der Oberfläche der Erde gehn. Dieses wird durch die Beobachtungen unserer Polhöhen bestätigt, die wenigstens seit der Zeit, wo diese Beobachtungen mit Genauigkeit vorgenommen wurden, keine merklichen Veränderungen zeigen. Allein diese Zeit ist noch viel kürzer, als die so eben erwähnte Dauer unserer noch einigermaſsen verläſslichen Weltgeschichte. Unsere besseren astronomischen Beobachtungen, das heiſst diejenigen, in welchen eine oder doch einige wenige Secunden verbürgt sind, beginnen erst mit dem Jahre 1750, wo Bradley

als der Gründer der neuern beobachtenden Astronomie auftrat. Es ist demnach noch nicht ausgemacht, obschon allerdings unwahrscheinlich, daſs die Erdaxe nicht kleinen Bewegungen unterliege, deren Folgen uns erst in einer Reihe von Jahrhunderten bemerklich seyn werden, und noch weniger kann man als wahrscheinlich annehmen, daſs äuſsere gewaltsame Störungen, wie z. B. der Zusammenstoſs eines Kometen mit der Erde, diese Axe in der Vorzeit verrückt haben sollten und vielleicht auch später wieder verrücken werden, obgleich unsere Geologen schon oft genug zu solchen präsumtiven Störungen ihre Zuflucht genommen haben, um dadurch mehrere Erscheinungen auf der Oberfläche der Erde zu erklären, für die sich sonst allerdings nur schwer ein genügender Grund angeben läſst. Wenn wir aber auch die Erdaxe und somit ebenfalls den Erdäquator in Beziehung auf die *Oberfläche dieses Körpers* als constant und in seiner Lage unveränderlich annehmen, so sind beide doch, wie die Lehre von der Präcession und Nutation zeigt[1], in Beziehung *auf den gestirnten Himmel* veränderlich, indem die Himmelspole der Erde (die man erhält, wenn man die Axe der Erde in Gedanken bis an den Himmel verlängert), um die festen Pole der Ekliptik in jedem Jahrhundert einen Bogen von nahe 1° 23′ 42″ von Ost nach West zurücklegen und daher von einem Fixsterne zum andern übergehn. Man wird sich diese Beweglichkeit der Erdaxe in Beziehung auf den Himmel, verbunden mit der Unbeweglichkeit derselben in Beziehung auf die Erde, am einfachsten dadurch vorstellen, daſs man sich die Erde als eine im Weltraume frei schwebende Kugel denkt, durch deren Mittelpunct eine feste Stange (die Rotationsaxe) gezogen ist, die zwar immer durch dieselben zwei Puncte der Oberfläche der Erde (durch die beiden Pole derselben) geht, die aber, zu beiden Seiten bis an den Himmel verlängert, beweglich ist und von einem Fixsterne zum andern übergeht, weil die Erde, sammt der in ihr unveränderlich befestigten Stange, gleich einem auf einem horizontalen Tische wirbelnden Kreisel, sich im Weltraume bewegt. Jetzt geht diese auf der Nordseite verlängerte Erdaxe durch einen Punct des Himmels, der nahe 1° 30′ von dem schönen Stern *α* im kleinen Bären

1 S. Art. *Vorrückung der Nachtgleichen.*

entfernt ist, daher wir diesen Stern den *Polarstern* nennen. Die nächsten drei Jahrhunderte hindurch wird sich diese Axe jenem Sterne noch weiter nähern und um das Jahr 2150 wird sie nur noch 28 Minuten von diesem Sterne abstehn, dann aber sich wieder allmälig von ihm entfernen. Im Jahre 4100 nach Chr. G. wird der Stern γ Cephei, dann α Cephei, später α Cygni und endlich, gegen das Jahr 14000 nach Chr. G., wird α Lyrae oder Deneb von den gröſsern Sternen des Himmels dem Nordpole am nächſten stehn und also auf die Benennung des Polarsterns Anspruch machen. Zur Zeit Hipparch's, 200 Jahre vor Chr. G., war α Ursae minoris noch gegen zwölf Grade vom Pole entfernt und konnte daher den Namen eines Polarsterns noch nicht verdienen. Man findet alle die Sterne, die in verschiedenen Zeiten Polarsterne sind, wenn man aus dem Pole der Ekliptik auf einem Globus mit einem Halbmesser von $23\frac{1}{2}$ Graden einen Kreis (den sogenannten nördlichen Polarkreis) zieht und bemerkt, daſs der Pol des Aequators die Peripherie dieses Kreises in nahe 25800 Jahren von Ost nach West zurücklegt.

Die erwähnte Unveränderlichkeit der Lage der Erdaxe, wenn man sie bloſs in Beziehung auf die Erde selbst betrachtet, und die Unveränderlichkeit der Rotationszeit der Erde um diese Axe (d. h. des astronomischen *Sterntags*) sind die zwei groſsen Pfeiler unserer praktischen Astronomie, und sie werden auch auf theoretischem Wege dadurch bewiesen, daſs man zeigt, daſs die Rotationsaxe der Erde eine sogenannte *freie Axe*, d. h. eine solche ist, die durch die Rotation der Erde *keinen Druck* in irgend einem ihrer Puncte erleidet. Nach den Lehren der Mechanik enthält jeder Körper, welcher Gestalt er auch seyn mag, wenigstens drei solcher freien Axen und sie schneiden sich alle im Schwerpuncte des Körpers unter gegen einander senkrechten Richtungen. Für eine Kugel sind alle Durchmesser derselben zugleich freie Axen, für ein Sphäroid, welches durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre groſse oder auch um ihre kleine Axe entsteht, sind auch diese beiden Axen der Ellipse zugleich freie Axen des Sphäroids. Die Erde und überhaupt alle Planeten hatten zur Zeit ihrer Entstehung, wo ihre Massen noch nicht erhärtet waren, sehr wahrscheinlich eine der Kugel nahe kommende Gestalt. Der primitive Stoſs, welchem sie ihre Bewegung (um

Digitized by Google

die Sonne und zugleich um ihre eigene Axe) verdanken, gab ihnen eine Rotation um einen ihrer Durchmesser, d. h. also, um eine freie Axe. Durch die so entstandene Rotation der Kugel wurde sie selbst an ihren Polen abgeplattet und die Kugel wurde in ein Sphäroid verwandelt, das durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entsteht. Dadurch hörte also, dem Vorhergehenden zufolge, die primitive Drehungsaxe nicht auf, auch eine freye Axe zu seyn, und ebendeswegen drehn sich also auch die Planeten um solche vollkommen freie, keinen Druck erleidende Axen, weshalb auch diese Axen immer dieselbe Lage beibehalten und zugleich die Rotationen um diese Axe immer in derselben Zeit ungestört und ohne Ende fortgesetzt werden. Ja diese Abplattung der Erde selbst trägt wesentlich dazu bei, die Lage jener Rotationsaxe in ihrer einmal angenommenen Richtung nur noch mehr zu befestigen, da sie, wenn sie auch durch äuſsere Kräfte etwas aus ihrer Richtung gelenkt werden sollte, eben durch diese Abplattung sogleich wieder in ihre frühere Lage zurückgeführt werden müſste, während im Gegentheile, wenn die groſse Axe der erzeugenden Ellipse die Rotationsaxe der Erde geworden wäre, schon die geringste äuſsere Störung hinreichend gewesen wäre, diese Axe immer mehr von ihrer frühern Lage zu entfernen, ohne sie je in ihre erste Stellung wieder zurückführen zu können. Dieselben Gründe aber, welche wir so eben für die Unveränderlichkeit der Lage der Erdaxe angeführt haben, sprechen auch für die stete Gleichförmigkeit der Rotation der Erde, d. h. für die Unveränderlichkeit der Länge des Tages. Die genauesten theoretischen Untersuchungen über die Störungen, welche die tägliche Drehung der Erde um ihre Axe erleiden könnte, haben durchaus keine, unsern Sinnen bemerkbare Aenderung in der Geschwindigkeit dieser Drehung erkennen lassen, und ebenso haben auch die schärfsten astronomischen Beobachtungen keine Spur einer solchen Aenderung nachweisen können [1].

Ganz ebendasselbe gilt auch von der jährlichen Umlaufszeit, und zwar nicht bloſs der Erde, sondern auch aller Planeten, um die Sonne. Allen theoretischen Berechnungen und allen praktischen Beobachtungen zufolge sind die *siderischen*

---

1 S. Art. *Tag*. S. 36.

Digitized by Google

Umlaufszeiten der Planeten constant und für alle Zeiten unveränderlich. Da aber, nach dem bekannten dritten Gesetze Kepler's, die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Würfel der groſsen Axen der Bahnen verhalten, so folgt, daſs auch diese groſsen Axen der Bahnen oder daſs die *mittleren Entfernungen* der Planeten von der Sonne ebenfalls unveränderlich sind. Diese Unveränderlichkeit der groſsen Axen der Planetenbahnen, auf die wir weiter unten (Art. *Weltall*) wieder zurückkommen werden, ist eine der merkwürdigsten Eigenschaften unsers Sonnensystems. Während beinahe alles Uebrige in diesem Systeme immerwährenden und oft sehr groſsen Aenderungen unterworfen ist, bleibt dieses Element für alle Zeiten stets von gleicher Gröſse. Es ist jetzt keinem weitern Zweifel unterworfen, daſs der groſse Urheber der Natur durch diese Einrichtung vorzüglich die ungestörte Erhaltung und die lange Dauer dieses Systems beabsichtigt hat. Wie diese Natur durch den bewunderungswürdigen Reichthum der Samen ihrer Geschöpfe und durch die Schmiegsamkeit ihrer Organismen, mit welchen sie sich den verschiedenen Himmelsstrichen und andern Verhältnissen anpassen können, für die Erhaltung der Gattungen, wie sie durch die aufopfernde, keine Gefahr scheuende Hingebung der Mutter für ihre Jungen und durch den so mächtigen Erhaltungstrieb für die Fortdauer der Individuen gesorgt hat, so hat sie auch durch jene Beständigkeit der groſsen Axen der Planetenbahnen die Dauer des ganzen Sonnensystems zu sichern gesucht. Es kann in der That für diese Erhaltung des Systems sehr wenig daran gelegen seyn, ob die groſse Axe dieser oder jener Planetenbahn nach der einen oder nach der andern Seite des Himmels gewendet ist, ob ihre Excentricität, ihre Neigung gegen die Ekliptik, ob die Länge ihrer Knotenlinie etwas gröſser oder kleiner ist u. s. w., aber nicht so verhält sich die Sache auch mit der eigentlichen Gröſse dieser Axen selbst. Denn es ist leicht einzusehn, daſs eine Aenderung derselben, auch die geringste, wenn sie einmal statt hat, nicht etwa (wie dieses wohl mit den Excentricitäten und mit den Neigungen der Fall ist) bloſs in einem periodisch wiederkehrenden Wachsen und Abnehmen bestehn kann, sondern daſs eine solche Aenderung ihrer Natur nach progressiv seyn, daſs sie stets in demselben Sinne fortgehn und sich mit der Zeit immer

Digitized by Google

anhäufen muſs. Ein Planet, der einmal anfängt, sich der Sonne zu nähern, muſs ihr fortan immer näher kommen, und umgekehrt, und jeder von diesen beiden Fällen wird ohne Zweifel von den wichtigsten Folgen für die Bewohner dieses Planeten und für den Planeten selbst seyn.

Nehmen wir, um dieses näher zu zeigen, unsere Erde zum Beispiele an. Sie bewegt sich in ihrem Perihel (in ihrer kleinsten Entfernung von der Sonne) während jeder Zeitsecunde durch 4,3 deutsche Meilen. Angenommen, daſs sie in diesem Puncte ihrer Bahn entstanden sey, daſs sie also aus diesem Puncte mit der erwähnten Geschwindigkeit ihren Lauf um die Sonne begonnen habe. Es läſst sich durch die höhere Mechanik zeigen, daſs die Bahn der Erde, eben weil die anfängliche Geschwindigkeit derselben diese und keine andere war, eine *Ellipse* werden muſste, und daſs sie auch so lange dieselbe Ellipse bleibt, als diese ihre Geschwindigkeit im Perihel nicht verändert wird. Nehmen wir nun an, daſs die halbe groſse Axe dieser elliptischen Bahn der Erde mit der Zeit kleiner werde, daſs also auch die Erde im Allgemeinen näher zur Sonne rückt. Dadurch muſs, nach dem erwähnten dritten Gesetze Kepler's, ihre Umlaufszeit kleiner (das Jahr kürzer) und also die Geschwindigkeit derselben gröſser werden. Nehmen wir an, sie sey auf diese Art dahin gekommen, daſs sie, wenn sie eben wieder durch ihr Perihel geht, nicht mehr 4,3 Meilen, sondern daſs sie nur 5,8 Meilen in einer Secunde zurücklege. Die Mechanik zeigt, daſs die Erde mit dieser anfänglichen Geschwindigkeit im Perihel keine Ellipse mehr um die Sonne beschreiben könne, sondern daſs die neue Bahn der Erde eine Parabel seyn müsse. Wenn dann die Geschwindigkeit der Erde bei ihren fernern Durchgängen durch die Sonnennähe noch gröſser wird, als 5,8 Meilen, wenn sie z. B. 6, 7, 8 oder noch mehr Meilen betragen sollte, so würde in allen diesen Fällen die Bahn der Erde eine Hyperbel seyn. In beiden Fällen würde aber die Erde nicht mehr in einer geschlossenen Linie, wie die Ellipse ist, um die Sonne gehn, sondern sie würde sich in einem der parabolischen oder hyperbolischen Arme der neuen Bahn immer weiter von der Sonne entfernen und endlich ganz aus unserm Planetensysteme heraustreten, um ihren weitern Lauf um einen andern Fixstern, als ihre neue Centralsonne, zu

verfolgen. Ebenso würde auch schon eine geringere Vergröſserung der anfänglichen Geschwindigkeit, wenn sie nur zwischen 4,3 und 5,8 Meilen enthalten ist, die Bahn der Erde zu einer sehr excentrischen Ellipse machen, wie sie von den Kometen beschrieben wird, wo dann für das Wohlseyn und das Leben ihrer Bewohner die nothwendigen Folgen einer solchen Aenderung nicht anders als sehr unglücklich seyn müſsten. Dieses alles fällt weg, wenn, wie wir bisher vorausgesetzt haben, die Entfernung der Erde von der Sonne zu der Zeit, wo jene durch ihr Perihel geht, immer dieselbe bleibt. Nimmt auch diese verhältniſsmäſsig ab oder zu, so würde jede Aenderung der halben groſsen Axe, wie gesagt, eine immerwährende Annäherung oder eine stete Entfernung der beiden Gestirne zur Folge haben, und die Erde würde sich endlich entweder in den feurigen Schoſs der Sonne stürzen, oder sie würde sich von ihr bis an die äuſsersten Grenzen ihrer Wirksamkeit entfernen und dann in die Regionen anderer Sonnensysteme übergehn, in beiden Fällen aber ganz aufhören, einen integrirenden Theil unseres Systems zu bilden.

B. Ausnahme von diesem Gesetze bei dem Monde.

Da diese Erscheinung so allgemein für alle Planeten und zugleich, wie wir gesehn haben, für die Erhaltung des Systems so wichtig ist, so muſste es den Astronomen um so mehr auffallen, daſs der Mond allein eine Ausnahme davon machen sollte. Halley, der Zeitgenosse und Freund Newton's, hatte gefunden, daſs die Umlaufszeit des Monds um die Erde seit den Zeiten der Griechen, d. h. seit beinahe zweitausend Jahren, bis auf unsere Tage immer kürzer, also die mittlere Bewegung des Mondes immer gröſser geworden ist, wodurch daher der Mond der Erde immer näher kommen und endlich, da diese Bewegung ihrer Natur nach stets fortschreitet, auf die Erde fallen muſs, um sich mit ihr für immer zu vereinigen. Diese befremdende Erscheinung, die aber nach den Beobachtungen als eine nicht weiter zu bezweifelnde Thatsache erkannt werden muſste, quälte die Astronomen lange Zeit, da sie die Ursache derselben nicht finden konnten. Man suchte sie in einer Correction des allgemeinen Gesetzes der Schwere,

Digitized by Google

nach welcher die Anziehung der einander näheren Körper nicht bloſs wie verkehrt das Quadrat der Entfernung sich verhalten sollte, man suchte sie in den Perturbationen, welche die Planeten auf den Mond ausüben sollten, in der Abweichung des Monds und der Erde von der Kugelgestalt, in dem Widerstande des Aethers, in welchem sich der Mond bewegt, in der allmäligen Fortpflanzung der Schwere von der Sonne auf die Planeten, die, so wie das Licht, auch eine bestimmte Zeit gebrauchen sollte, u. s. w., aber auf allen diesen Wegen konnte man das gewünschte Ziel nicht erreichen. Indeſs war die Uebereinstimmung aller übrigen Erscheinungen des Himmels mit dem Gesetze der allgemeinen Schwere so groſs, daſs man diese einzige Ausnahme nicht ohne lebhaftes Bedauern so lange bestehn lassen konnte. Dieses bewog die zwei gröſsten Mathematiker ihrer Zeit, Lagrange und Laplace, dem Gegenstande ihre besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Sie gingen von der Ansicht aus, daſs diese Ausnahme nur scheinbar sey und daſs ihre wahre Ursache in demselben Gesetze zu finden seyn müsse. Wenn z. B. die Erde in ihrer Bahn sich der Sonne allmälig näherte, so würde sich dadurch auch die Entfernung des Mittelpuncts der Mondbahn von der Sonne immer verkleinern, und dadurch müſste ohne Zweifel diese Mondbahn selbst auch eine Aenderung erleiden. Nun ist aber nach (A) die groſse Axe der Erdbahn unveränderlich, und jene Voraussetzung einer steten Näherung der Erde zur Sonne erscheint daher ganz unzulässig. Wenn man sich aber erinnert, daſs die Excentricität der Erdbahn, den Beobachtungen und Berechnungen gemäſs, seit den ältesten Zeiten immer kleiner geworden ist, so muſs auch die elliptische Erdbahn, obschon ihre groſse Axe immer dieselbe bleibt, doch einem Kreise immer näher kommen, also muſs auch seit jener Zeit der Mittelpunct der Mondbahn der Sonne im Allgemeinen immer näher gekommen und dadurch die Wirkung der Sonne auf die Bewegung des Monds nothwendig immer vergröſsert worden seyn. Lagrange hat zuerst diesen wahren Grund der *Acceleration des Monds* (wie diese Erscheinung von den Astronomen genannt wird) erkannt und Laplace hat denselben durch seine darüber angestellten Berechnungen über allen Zweifel erhoben. Die mittlere Wirkung der Sonne auf den Mond hängt von der Entfernung der Sonne von der Erde

ab, und da diese letztere (wegen der Abnahme der Excentricität der Erdbahn) veränderlich ist, so muſs auch jene Wirkung der Sonne veränderlich seyn. Die mathematische Analysis giebt die Gröſse dieser Aenderung des Sonneneinflusses, also auch die Gröſse der daraus entspringenden Veränderung in der mittlern Bewegung des Mondes, und zwar mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmend. Nennt man t die seit dem Jahre 1800 verflossenen Jahrhunderte, so beträgt diese Aenderung der mittlern Länge des Mondes für jede Zeit $10{,}72 t^2$ Secunden, oder diese Länge ist im J. 1900 um 10,72 Sec. gröſser, als sie aus der Umlaufszeit, die der Mond im J. 1800 hatte, folgen würde; für das Jahr 1850 wird man $t = \frac{1}{2}$, für das Jahr 2000 aber $t = 2$ setzen u. s. f.

Diese Excentricität der Erdbahn beträgt jetzt 0,0168 der halben groſsen Axe ihrer Bahn und nimmt mit jedem Jahrhundert um nahe 0,000042 ab. Allein dieses gilt nur für etwa ein Jahrtausend vor und nach unserer Zeit. Lagrange hat gefunden, daſs die Excentricität der Erdbahn im Jahre 11400 vor Chr. Geb. in ihrem gröſsten Werthe war, wo sie 0,0196 betrug. Seitdem nimmt sie durch volle 48300 Jahre immer ab und wird erst im J. 36900 nach Chr. Geb. ihren kleinsten Werth = 0,00393 erhalten, dann aber allmälig wieder zunehmen, so daſs also dann auch die jetzt statt habende Acceleration des Monds wieder in eine Retardation desselben übergeht, und daſs daher von einem Sturze des Monds auf die Erde keine Rede seyn kann, sondern daſs diese Näherungen und Entfernungen desselben, so wie die Ab- und Zunahme der Excentricität der Erdbahn, nur periodisch auf und nieder gehn und überdieſs in sehr enge Grenzen eingeschlossen sind.

C. Allgemeine Veränderungen unseres Planetensystems.

Die Planeten und Kometen bewegen sich um die Sonne und die Satelliten um ihre Hauptplaneten im Allgemeinen in elliptischen Bahnen. Die Ursache dieser Bewegungen ist die anziehende Kraft des Centralkörpers, die sich, dem Newton'schen Gesetze der Attraction gemäſs, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält. Da aber diese Eigenschaft nicht

Digitized by Google

bloſs dieſen centralen, ſondern jedem Körper des Syſtems, da ſie überhaupt jeder *Maſse* zukommt, ſo werden jene Himmelskörper nicht nur von ihrem Centralkörper, ſondern dieſer wird auch wieder von ihnen, ja ſie ſelbſt werden auch gegenſeitig von einander angezogen und daher auch in Bewegung geſetzt, und aus dieſen gegenſeitigen Attractionen aller Himmelskörper unter einander muſs nothwendig eine ſehr verwickelte Bewegung aller zuſammen entſtehn. Wenn z. B. bloſs die Erde nebſt der Sonne in unſerem Syſteme da wäre, ſo würde die relative Bahn der Erde um die Sonne eine reine Ellipſe oder eigentlich ein Kegelſchnitt ſeyn, und ſchon wenige gute Beobachtungen würden hinreichen, die Lage, Gröſse und Geſtalt dieſer Ellipſe zu beſtimmen. Allein durch die Anziehung der andern, beſonders der der Erde nähern Planeten wird dieſe Ellipſe auf das mannigfaltigſte abgeändert, indem dieſe Erde von dem einen Planeten vorwärts, von dem andern rückwärts, von dem einen auf- und von dem andern wieder mehr oder weniger abwärts gezogen wird. Dadurch wird der früher rein elliptiſche Weg der Erde um die Sonne eine äuſserſt zuſammengeſetzte, in jedem Augenblicke veränderliche krumme Linie, deren nähere Beſtimmung alle Kräfte unſerer mathematiſchen Analyſis überſteigt und für uns wohl immer ganz unmöglich ſeyn wird. Das Problem, um deſſen Auflöſung es ſich hier eigentlich handelt und das zugleich in gewiſſem Betrachte die ganze Aſtronomie in ſich ſchlieſst, läſst ſich kurz auf folgende Weiſe ausdrücken: *von dreiſsig Himmelskörpern, die den vorzüglichſten Theil unſers Sonnenſyſtems ausmachen, und von denen jeder alle andern anzieht und wieder von allen andern immerwährend angezogen wird, ſoll man durch bloſse Rechnung den Ort, die Geſchwindigkeit und die Richtung dieſer Geſchwindigkeit eines jeden dieſer Körper für jeden Augenblick irgend eines verfloſſenen oder künftigen Jahrhunderts genau beſtimmen.* Während ſich die Stellungen dieſer Körper unter einander ſtets ändern, wird auch mit jeder neuen Stellung eine neue gegenſeitige Wirkung aller dieſer Körper unter einander bedingt, und jede Veränderung der auf das ganze Syſtem nach allen Richtungen wirkenden Kräfte bringt wieder eine neue Stellung dieſer Körper und damit neue Bewegungen und wenigſtens ſcheinbare Unordnungen hervor, die aber alle aus je-

Digitized by Google

nem Gesetze der allgemeinen Gravitation entspringen und daher auch aus diesem Gesetze durch Rechnung erklärt werden sollen.

Dieses kühne Unternehmen, wohl das gröſste, das der menschliche Geist je gewagt hat, würde aber gleich bei den ersten Versuchen gescheitert seyn, wenn uns nicht durch einige besondere Einrichtungen der Natur die Ausführung desselben sehr erleichtert oder eigentlich erst möglich gemacht worden wäre. Dahin gehört: I. *die groſse Entfernung der Planeten von uns.* Die Astronomen bestimmen in den neuern Zeiten die von der Erde am Himmel gesehenen Orte bis auf die Genauigkeit der Dicke eines feinen Haares, so vor das Auge gehalten, daſs es uns am reinsten und schärfsten scheint, das heiſst, etwa bis auf fünf Secunden. Dieses scheint allerdings eine sehr groſse Genauigkeit, und sie ist es auch, wenn man alle die Schwierigkeiten bedenkt, die man zur Erlangung derselben überwinden muſste. Aber diese Dicke eines Haares bedeckt uns von der Uranusbahn schon einen Bogen von nahe zehntausend Meilen oder mehr als zehnmal den Halbmesser unserer Erde. Bei dem nächsten Fixsterne, wenn seine Parallaxe in der That eine volle Secunde beträgt, würde dasselbe Haar schon einen Bogen von nahe hundert Millionen deutschen Meilen betragen[1]. Diese Gröſsen also, so bedeutend sie auch an

1 *Solche Fehler*, so groſs sie uns auch erscheinen, sind doch, in Beziehung auf die Gegenstände, die wir hier betrachten, nur sehr klein zu nennen. Wenn unsere Mechaniker mit ihren Supports die Peripherie eines Kreises, dessen Halbmesser ihnen gegeben wird, bis auf fünf Secunden genau darstellen, so haben sie dabei einen Fehler begangen, der den 259200sten Theil der ganzen Peripherie beträgt, und wir würden einen so kleinen Fehler gern als gar keinen betrachten, ja ihn wohl selbst nicht einmal bemerken. Eine Stadt, wie Wien z. B., von 3000 Klaftern im Durchmesser, würde uns, selbst auf dem Monde, dem nächsten aller Gestirne, nur unter dem Winkel von $3\frac{1}{2}$ Secunden erscheinen, also von jenem Haare schon mehr als bedeckt werden. Die Entfernung oder die Parallaxe des Monds ist uns bis auf eine Secunde, d. h. wenigstens bis auf den dreitausendsten Theil des Ganzen oder nahe bis auf 20 deutsche Meilen bekannt. Wem dieser Fehler noch groſs scheint, der mag uns die Hauptstädte Europa's, der andern Welttheile zu geschweigen, nennen, deren Entfernung von einander uns ebenfalls bis auf den dreitausendsten Theil dieser Entfernung bekannt ist. Die Astronomen kennen also die Di-

sich selbst seyn mögen, erscheinen uns doch, wegen ihrer ungeheuern Entfernung, nur sehr gering. In dieser Erscheinung liegt aber eben der Vortheil, von dem wir hier sprechen. Denn wenn wir dieses Gewirre von so vielen Himmelskörpern gleichsam in einem viele Millionen Mal verkleinerten Modelle ganz nahe vor unsern Augen hätten, und wenn wir jede kleine Abweichung ihrer Bewegungen durch unsere Mikroskope wieder Millionenmal vergröſsert erblickten, so würden wir die Bahnen der Himmelskörper wahrscheinlich ebenso wenig kennen gelernt haben, als wir jetzt die Bahnen der vor unsern Augen spielenden Sonnenstäubchen zu berechnen im Stande sind. II. Der zweite Vortheil, der uns die Auflösung jenes Problems erleichtert, ist die ungemein *groſse Masse der Sonne* in Beziehung auf die Masse jedes einzelnen Planeten; ja selbst die Massen aller Planeten zusammengenommen betragen noch nicht den 800sten Theil der Sonnenmasse. Die Folge davon ist, daſs die Störungen, welche durch die Anziehung der Planeten unter einander verursacht werden, im Verhältniſs zur Wirkung der Sonne ebenfalls nur sehr klein seyn und daher viel leichter berechnet werden können. Wenn z. B. Saturn eine ebenso groſse Masse hätte, als die Sonne, so würde Jupiter vom Saturn im Allgemeinen ebenso stark, als von der Sonne angezogen werden, und die Folge davon würde eine totale Umänderung der Bewegung und der Bahn selbst von Jupiter seyn. Aber die Masse des Saturn beträgt noch nicht den 3000sten Theil der Sonnenmasse, und in ebendiesem Verhältnisse steht also auch die Anziehung Saturns zu der der Sonne, wenn beide gleich weit vom Jupiter entfernt sind. Diese streng monarchische Einrichtung unseres Sonnensystems ist sehr merkwürdig. Das eigentliche Vorrecht zur Herrschaft, welches hier unten in dem gröſsern Verstande liegt oder eigentlich liegen sollte, liegt dort in der gröſsern Masse, und so verschieden ist dort die aus diesem Vorrechte entspringende Ungleichheit der Stände, daſs wir auf unserer Erde, so bunt es auch zuweilen in dieser Beziehung auf ihr zugehn mag, kaum etwas Aehnliches aufzuweisen haben. Die Masse der Sonne ist über 900 Mal gröſser, als die

---

stanzen am Himmel besser, als die Geographen die Distanzen der Städte auf ihrer Erde."

Jupiters, des gröſsten aller Planeten. Sie übertrifft die Masse unserer Erde volle 340000 Mal. Dadurch ist alles Auflehnen und jeder Ungehorsam auch der mächtigsten Unterthanen dieses Staates gegen ihren Autokrator unmöglich gemacht. Dafür fordern aber diese mächtigen Lehnsherren wieder denselben Gehorsam von den ihnen zugewiesenen Vasallen, und mit Recht, kann man hinzusetzen, da auch sie wieder diese Vasallen an Masse, d. h. an innerer Kraft ebenso weit übertreffen, als sie selbst alle zusammen von ihrem gemeinsamen obersten Beherrscher übertroffen werden. Unsere Erde bildet mit ihrem Monde einen *solchen* kleinen Staat im Staate; sie führt ihn auf ihrer weiten Reise um die Sonne als ihren Diener in schweigen*dem* Gehorsam mit sich, aber sie ist auch über sie*benzigmal* stärker, als dieser Diener. Jupiter wird auf seiner noch viel gröſsern Bahn von vier solchen Dienern begleitet, die aber alle zusammen noch nicht den zehntausendsten Theil der Stärke ihres Herrn besitzen. III. Der dritte der oben erwähnten Vortheile liegt in der *Kleinheit der Excentricitäten und Neigungen* der Planetenbahnen gegen die Ekliptik. Sie sind durchaus nur dem Kreise sehr ähnliche Ellipsen, und ihre Bahnen liegen beinahe alle in derselben Ebene. Wenn sie im Gegentheile, wie die Kometenbahnen, sehr excentrische Ellipsen und nach allen Richtungen im Weltall zerstreut wä*ren*, so würden, wie dieses für sich klar ist, die gegenseitigen *Störungen* derselben viel bedeutender, also auch viel schwerer zu berechnen *seyn*. Daſs aber die erwähnten Kometen, ungeachtet sie anders gestellte und anders gestaltete Bahnen haben, doch keine bedeutenden Störungen erzeugen, liegt in dem Umstande, daſs die Massen der Kometen, dieser lockeren und vielleicht nur dunstförmigen Körper, noch ungleich geringer sind, als die der Planeten. IV. Der vierte Vortheil ist die *groſse Entfernung*, welche die Planeten unter einander haben. Wenn sie einander viel näher kommen könnten, als sie wirklich thun, so würden auch, wie dieses sich von selbst versteht, ihre gegenseitigen Störungen gröſser seyn. Endlich V. kommt unseren Berechnungen derselben noch der Umstand zu Gute, daſs diese Planeten alle sehr nahe eine *kugelförmige Gestalt* haben. Wenn sie z. B. die Form eines Würfels, eines Kegels, eines Cylinders u. dgl. hätten, so würde die Berechnung ihrer Bewegungen für uns ganz unmöglich

Digitized by Google

seyn, und unter allen Gestalten, die sie annehmen könnten, ist eben die Kugelgestalt die einzige, bei welcher wir in der Berechnung ihrer Bewegung auf diese Gestalt gar keine Rücksicht zu nehmen haben, da, nach einem bekannten Gesetze der Mechanik, Kugeln sich gegenseitig so anziehn, als ob ihre ganze Masse in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre, so daſs wir also jetzt bei der Auflösung jenes groſsen Problems die sämmtlichen Planeten als ebenso viele einfache *Puncte* betrachten können.

Durch diese Einrichtungen also hat es uns, wie gesagt, die Natur möglich gemacht, die Bewegungen der Planeten durch Rechnung zu bestimmen. Um z. B. die Störungen, welche die Erde von den übrigen Planeten in jedem Augenblick erleidet, zu finden, sollte man eigentlich, wenn man nach aller Strenge verfahren wollte, zuerst schon die Störungen kennen, welche jeder dieser die Erde störenden Planeten von allen übrigen, die Erde selbst mit eingeschlossen, erleidet. Allein da, wie oben erwähnt, diese Störungen alle nur gering sind, so kann man sich ohne Nachtheil erlauben, nur diejenigen Perturbationen zu bestimmen, welche jeder einzelne Planet von jedem andern *einzelnen* unter der Voraussetzung erleidet, daſs dieser andere Planet selbst nicht weiter in seiner Bahn gestört worden ist, sondern bloſs in seinem rein elliptischen Wege um die Sonne geht. Auf diese Weise ist unser Problem eigentlich dahin gebracht, daſs man es immer nur mit drei Körpern zu thun hat, mit der Sonne, mit dem störenden und mit dem gestörten Planeten, und dieses ist das so genannte *Problem der drei Körper*, an demdie gröſsten Astronomen und Mathematiker seit Newton's Zeiten ihre Kräfte versucht haben.

Allein alle diese Versuche haben doch zu keiner strengen oder directen Auflösung geführt, sondern es ist ihnen, selbst unter allen jenen Voraussetzungen und Erleichterungen, nur möglich gewesen, die hierher gehörenden Fragen auf eine bloſs genäherte, indirecte Weise, durch Hülfe von unendlichen Reihen zu beantworten, von welchen die ersten oder gröſsten Glieder allein berücksichtigt werden. Die auf diesem Wege gefundenen Störungen sind von den Astronomen in zwei wesentlich verschiedene Classen gebracht worden. Die erste Classe enthält die sogenannten *periodischen* Störungen oder

die Veränderungen, welche die *Planeten selbst* in ihren elliptiſchen Bahnen von der Einwirkung ihrer Nachbarn erleiden. Hierher gehören z. B. die Störungen des Monds, die er in seinem Laufe um die Erde von der Sonne erleidet und die wir in den Artikeln *Evection* und *Variation*[1] betrachtet haben. Da diese Störungen von der Stellung des störenden Planeten gegen den geſtörten abhängen, so werden sie dieselben seyn, so oft diese Stellungen wieder dieselben sind; oder sie werden in gewiſſen periodiſchen Zeiträumen regelmäſsig wiederkehren, weswegen sie auch die obige Benennung erhalten haben. Allein man sieht ohne Mühe, daſs die immerwährenden Einwirkungen der Planeten auf einen andern, z. B. auf Mars, nicht nur diesen letztern in seiner Bahn vor- und rückwärts bewegen, sondern daſs sie endlich auch auf die Gestalt und Lage dieser Bahn des Mars selbst Einfluſs haben werden. Dadurch werden die *Elemente* dieser Bahn selbst eine Aenderung erleiden; die Excentricität, die Lage der groſsen Axe, die Neigung, die Knotenlinie der Bahn mit der Ekliptik können sich nicht gleich bleiben. Auch diese Aenderungen der Elemente der Bahn werden ohne Zweifel in bestimmten Perioden wiederkehren, so oft nämlich die frühere Gesammtstellung aller übrigen Planeten gegen den geſtörten wiederkehrt. Aber man sieht, daſs diese Perioden viel länger dauern müssen, als die vorhin erwähnten, daſs sie viele Jahrhunderte, ja Jahrtausende umfaſſen werden, und aus dieser Ursache hat man sie *Säcular-Störungen* genannt. Hierher gehört z. B. die Säcular-Störung der mittleren Bewegung des Monds, die wir oben unter der Benennung der *Acceleration* des Mondes betrachtet haben und die mit der dort ebenfalls erwähnten Säcular-Störung der Excentricität der Erdbahn zusammenhängt. Im Artikel *Weltall* werden wir die Resultate der hierher gehörenden Berechnungen der Astronomen über die Säcular-Störungen zur bequemern Uebersicht tabellarisch zusammenstellen.

Hier begnügen wir uns, zu den vielen groſsen und höchst verwickelten *Veränderungen*, die durch diese Störungen in unserm Planetensysteme erzeugt werden, nur noch gleichsam nachträglich zu bemerken, daſs das groſse Problem, von dem

---

1 Vergl. Art. *Mond.*

Digitized by Google

wir oben gesagt haben, daſs es uns durch mehrere Einrichtungen der Natur sehr erleichtert worden ist, im Gegentheile wieder durch andere Verhältnisse nicht wenig erschwert werden muſste. Wie viele Jahrtausende hindurch hat sich der menschliche Geist abgemüht, bis es ihm endlich gelungen ist, nur die zwei gröſsten und auffallendsten der ihm zunächst liegenden Bewegungen des Himmels, die Bewegung seines eigenen Wohnsitzes um die Sonne und um sich selbst, zu erkennen, und wie weit ist es von da bis zur Erkenntniſs und Bestimmung aller der andern Bewegungen, von denen wir so eben geredet haben. Diese Bewegungen der Planeten werden in unsern Berechnungen alle auf die *Ekliptik* und in unsern Beobachtungen, wegen der eigenthümlichen Construction unserer Instrumente, auf den *Aequator* bezogen. Allein die Ekliptik wird durch die erwähnten Einwirkungen aller Planeten auf die Erde selbst wieder jeden Augenblick aus ihrer Lage verrückt und der Aequator wird ebenso durch die Präcession und Nutation immerwährend geändert, so daſs auch der Durchschnittspunct dieser beiden Ebenen (von welchem die Astronomen alle ihre Längen und Rectascensionen zählen) keinen Augenblick derselbe bleibt. Dadurch werden die Fixpuncte des Himmels und mit ihnen zugleich die Basis verrückt, auf welche wir unsere Charten des Himmels, unsere Sonnen- und Planetentafeln und unsere Sternkataloge gebaut haben; aus dem letzten der Gestirne wird das erste, aus dem ersten das letzte gemacht, und der ganze Himmel, dessen Ordnung und Harmonie der Gegenstand unserer frühern Bewunderung gewesen ist, erscheint uns jetzt als ein Bild der Verwirrung und Unordnung, da von der groſsen Charte, die wir uns von demselben entworfen haben, auch nicht ein einziger Punct unverrückt geblieben ist, um von ihm aus alle jene verwickelten Bewegungen, alle jene so mannigfaltig verschlungenen krummen Linien erfassen und auflösen zu können. Ohne höhere Analyse und ohne Kenntniſs des Gesetzes der allgemeinen Gravitation, die wir beide dem unsterblichen Newton verdanken, ohne diesen leitenden Doppelfaden würde der menschliche Geist sich nie in diesem Labyrinthe zurecht gefunden, würde er das ihn von allen Seiten umgebende Chaos um so weniger entwirrt haben, da er dasselbe nicht einmal von einem festen Standpuncte aus, sondern wieder nur

Digitized by Google

von einer sich jährlich um die Sonne bewegenden und täglich sich um ihre eigene Axe drehenden Kugel zu beobachten gezwungen ist, von einer Kugel, die überdieſs noch, um die Verwirrung zu vollenden, mit einer Hülle umgeben ist, welche die Quelle unzähliger Täuschungen und zugleich die Ursache ist, daſs wir auch nicht ein einziges von den unzähligen Gestirnen an dem Orte erblicken, den es in der That am Himmel einnimmt.

D. Veränderungen auſser unserem Planetensysteme.

Wenn unsere Kenntniſs des Planetensystems, von welchem wir mit der Erde selbst einen integrirenden Theil ausmachen, der groſsen Fortschritte ungeachtet, die der menschliche Geist in dieser Kenntniſs gemacht hat, noch immer sehr unvollkommen zu nennen ist, so gilt dieses noch viel mehr von allen denjenigen Gegenständen des Himmels, die sich jenseit der Grenzen dieses Systems befinden. Die *Fixsterne* insbesondere, so zahllos auch ihr Heer ist, sind für den Astronomen bisher wenig mehr, als lichte, fixe Puncte des Himmels gewesen, an die er seine übrigen Beobachtungen der Planeten und Kometen anzureihen und gleichsam zu *befestigen* suchte. Aus diesem Grunde hat man sie, wenigstens die vorzüglichsten, d. h. die scheinbar gröſsten derselben, so oft und so sorgfältig als möglich zu beobachten gesucht, um dadurch den Ort, welchen sie am Himmel einnehmen, mit der gröſsten Schärfe kennen zu lernen. Indem man aber diesen für die gesammte praktische Astronomie sehr wichtigen Zweck längere Zeit verfolgte, gelangte man zu dem unerwarteten Resultate, daſs diese Gestirne ihren bisherigen Namen mit Unrecht führen, daſs sie nicht *fix*, sondern im Gegentheile, wie alle andere Gegenstände des Himmels, *beweglich* sind. Zwar erscheint uns diese Bewegung nur gering im Vergleich mit denen der Planeten und Kometen, aber davon liegt wahrscheinlich die Ursache nur in der ungeheuren Entfernung, in welcher die Fixsterne von uns abstehn. Die Astronomen haben sich bemüht, diese eigenen Bewegungen der Fixsterne, wenigstens bei sehr vielen derselben, mit Genauigkeit zu bestimmen, und man findet dieselbe in den ver-

Digitized by Google

schiedenen Sternkatalogen gewöhnlich unter der Benennung des *motus proprius* dieser Gestirne. Diese Benennung ist nicht eben die angemessenste, da die beobachtete Bewegung der Fixsterne ebenso gut das Resultat ihres eigenen Fortgangs im Raume, als auch die Folge einer in demselben Weltraume vor sich gehenden Bewegung unseres ganzen Sonnensystems seyn kann. Vielleicht, und dieses ist das Wahrscheinlichste, wirken auch beide Ursachen zusammen, so daſs jener *motus proprius* zum Theil eine wahre, zum Theil aber auch eine bloſs scheinbare, von unserer eigenen Bewegung herrührende Veränderung ist. Noch ist die Zeit nicht gekommen, diese Frage zu lösen, indeſs ist es merkwürdig, daſs diese Bewegung der Fixsterne bei einigen derselben sich so bedeutend zeigt. Die folgende kleine Tafel giebt die gröſsten dieser Bewegungen, wie man sie bisher beobachtet hat, und zwar während eines Jahrhunderts.

Bewegung	in Rectascension	in Poldistanz
ϑ Ursae majoris ...	164 Raumsecunden ...	61 Secunden
τ Ceti	181 — —	92 —
40 Eridani	222 — —	339 —
47 Eridani	430 — —	83 —
24 Cephei	509 — —	3 —
61 Cygni	503 — —	339 —
μ Cassiopeiae ...	571 — —	150 —

Wenn nun z. B. ein Stern, der 500 Sec. eigene Bewegung während eines Jahrhunderts hat, in der jährlichen Parallaxe von einer Secunde, das heiſst, in der Entfernung von 4 Billionen Meilen von uns absteht, so beträgt jene Bewegung in einem Jahrhunderte 9696 Millionen Meilen, also in jedem Jahre gegen 97 Millionen Meilen, mithin nahe achtmal so viel, als die Erde auf ihrer jährlichen Bahn um die Sonne zurücklegt, obschon dieses Letztere mit einer Geschwindigkeit von nahe 4 Meilen in jeder Secunde geschieht. Noch merkwürdiger erscheint diese progressive Bewegung der Fixsterne im Weltraume, wenn sie, wie bei den Doppelsternen, mit einer andern kreisförmigen oder centralen Bewegung des Sterns verbunden wird. Der Stern 61 Cygni (zwischen den beiden Sternen ν und τ des Schwans, in Rectascension $= 21^h\ 0'$ und Poldistanz $= 52^0\ 3'$) ist ein solcher Doppelstern, und zwar

Digitized by Google

einer der merkwürdigsten. Nimmt man seine eigene Säcular-Bewegung zu 500″ an, so beträgt diese seit dem Anfange unserer Zeitrechnung oder seit 18 Jahrhunderten bereits 2½ Grade oder fünfmal den Durchmesser des Monds. So viel ist er also seit jener Epoche unter den andern Sternen des Himmels fortgerückt, und auf dieser groſsen, viele Billionen Meilen betragenden Bahn wurde er stets von seinem kleineren unzertrennlichen Begleiter verfolgt, der alle 450 Jahre seine Bahn um jenen gröſsern Stern vollendet, um welchen er sich ganz ebenso, wie die Erde um die Sonne, bewegt.

E. Neue Sterne am Himmel.

Unter den Veränderungen, die am gestirnten Himmel vorgehn, sind vielleicht die bedeutendsten jene, wo ganz neue und selbst groſse Fixsterne an Stellen des Himmels erscheinen, an denen früher keiner derselben sichtbar war, oder wo auch andere, die längere Zeit hindurch in dem hellsten Lichte glänzten, plötzlich verschwinden und fortan nicht mehr gesehn werden. Wenn diese Fixsterne, wie uns Alles anzunehmen berechtigt, eigene Sonnen sind, um die sich, wie um unsere Sonne, Planeten und Kometen in zahllosen Mengen bewegen, welch' ein Schauspiel, wenn eine solche *ganze Welt* in Brand geräth, wenn sie Millionen von Meilen rings um *sich mit* dem Lichte ihrer Flammen erfüllt und dann, für immer *erlöschend, ihre* Asche weit herum in dem Weltenraume zerstreut!

Ein solcher war vielleicht der *neue Stern*, welchen Plinius[1] erwähnt, der im J. 125 vor Chr. Geb. plötzlich in einer früher ganz sternleeren Ge end erschien. Hipparch *soll*, dadurch aufmerksam gemacht, den Entschluſs gefaſst und ausgeführt haben, das erste Sternverzeichniſs zu verfertigen. Ebenso erschien im J. 389 nach Chr. Geb. zur Zeit des Kaisers Honorius ein neuer, früher nicht gesehener Stern neben dem Sternbilde des Adlers, der drei Wochen hindurch an Glanz der Venus gleich kam und später wieder völlig verschwand. Im neunten Jahrhunderte beobachteten zwei arabische Astronomen, Haly und Albumazar, einen solchen

1 *Hist.* Nat. Lib. II.

Digitized by Google

neuen Stern im Skorpion, dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln gleich gewesen seyn soll und der nach vier Monaten wieder gänzlich unsichtbar wurde. Im Jahr 945, zur Zeit des Kaisers Otto, sah man, nach dem Berichte der Chroniken, einen solchen neuen und hellen Fixstern zwischen dem Cepheus und der Cassiopeia, und auch im J. 1264 soll man nahe an derselben Stelle wieder ein solches Gestirn gesehn haben. Merkwürdiger, weil genauer bekannt, ist für uns der groſse Stern, den Tycho Brahe im Jahre 1572 beobachtete. Als er am 11. November aus seinem chemischen Laboratorium über den Hof seines Hauses in die Sternwarte ging, bemerkte er, ebenfalls in dem Sternbilde der Cassiopeia, einen neuen Stern von ganz vorzüglicher Gröſse auf einer Stelle, wo er früher nur sehr kleine Sterne gesehn hatte. Sein Glanz war so hell, daſs er selbst Jupiter und Venus übertraf und bald darauf sogar am Tage sichtbar wurde. Während der ganzen Zeit seiner Erscheinung konnte Tycho weder eine Aenderung seiner Stelle am Himmel, noch auch eine merkliche Parallaxe an diesem Gestirne mit seinen Instrumenten finden. Ein Jahr nach jener ersten Erscheinung nahm der Stern allmälig an Glanz ab, und verschwand endlich ganz im März 1574, sechzehn Monate nach seiner Entdeckung, ohne daſs man seitdem eine Spur von ihm auffinden konnte. Als er zuerst erschien, war sein Licht blendend weiſs. Im Jahr 1573, zwei Monate nach seiner Entdeckung, nahm sein Licht eine gelbliche Farbe an, die wieder nach zwei Monaten in eine röthliche überging, so daſs er nun in seiner Farbe dem Mars oder dem Aldebaran glich. Zwei oder drei Monate vor seinem gänzlichen Verschwinden endlich schimmerte er nur noch in einem grauen oder bleifarbenen, dem des Saturn ähnlichen Lichte. Goodricke, der sich zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts viel mit diesen Gegenständen beschäftigte, ist der Meinung, daſs die erwähnten neuen Sterne von den Jahren 945 und 1264 mit diesem von 1572 identisch gewesen sind und daſs dieselbe Erscheinung alle 150 oder alle 300 Jahre an derselben Stelle des Himmels wiederkommen soll; allein jene zwei ersten Erscheinungen sind zu ungewiſs, um darauf eine solche Behauptung mit Sicherheit gründen zu können.

Ein anderer neuer Stern erschien im J. 1604 am 10. October im östlichen Fuſs des Ophiuchus. Er soll nahe ebenso

hell, wie der von Tycho entdeckte, gewesen seyn, und auch er verschwand im ſolgenden Jahre 1605 im October wieder, ohne weiter eine Spur zurückzulassen. Kepler schrieb darüber eine eigne Abhandlung: *de stella nova in pede Serpentarii,* die 1606 zu Prag herausgekommen ist. Im Jahre 1670 am 20. Juni entdeckte Anthelm einen solchen neuen Stern der dritten Gröſse im Schwan. Schon zwei Monate nach seiner Entdeckung war sein Licht zu dem eines Sterns der fünften Gröſse herabgesunken und bald darauf wurde er völlig unsichtbar. Er wurde die ganze Zeit seiner Erscheinung von dem berühmten Dominik Cassini sehr eifrig beobachtet.

Es ist auffallend, daſs seit dem Jahre 1750, wo die Betriebsamkeit der praktischen Astronomen in einem so hohen Grade zugenommen hat, Erscheinungen dieser Art nicht mehr vorgekommen sind. Hipparch's oben erwähnter Sternkatalog enthält kaum dreihundert Fixsterne, und doch hat man auf ihn die Stelle Virgil's angewendet, wo vom Polinurus, dem Steuermanne des Aeneas, gesagt wird:

Sidera cuncta notat tacito labentia coelo.

Allein wie weit mehr verdienen dieses Lob die Verfasser unserer neuen Sternkataloge. Bode's Uranographie enthält 17240, Lalande's *Histoire céleste* 50000 Sterne, und nahe ebenso viele sind auch in den Zonenbeobachtungen Bessel's enthalten. Seit derselben Zeit sind fünf neue Planeten und so viele Kometen entdeckt worden, aber jene sogenannten neuen Sterne sind unsichtbar geblieben. Uebrigens mögen dessenungeachtet Erscheinungen dieser Art unter den kleineren und seltener beobachteten Fixsternen öfter vorkommen, aber von uns unbemerkt vorübergehn. In der That kann man auch mehrere dieser Sterne, die unsere Vorgänger in ihren Katalogen bemerkt haben, jetzt nicht mehr am Himmel finden. Manche dieser Lücken mögen wohl ihren Ursprung in Fehlern der Beobachtungen, in Schreib- oder Rechnungsfehlern und dergleichen Dingen haben, aber es ist doch mindestens nicht wahrscheinlich, daſs *alle* diese vermiſsten Sterne nur aus diesem Grunde erklärt werden sollten. Jene groſsen, hellleuchtenden und von den ersten Astronomen ihrer Zeit beobachteten neuen Sterne aber können offenbar keinen weitern Zweifeln über

Digitized by Google

ihre Existenz und ihre bald darauf erfolgte Verschwindung bloſsgestellt werden.

F. Veränderliche Sterne.

Noch giebt es mehrere andere Fixsterne, die einer schon oftmals beobachteten periodischen Abwechselung ihres Lichtes unterworfen sind und die man daher *veränderliche Sterne* genannt hat. Die II. und III. Columne der folgenden Tafel enthalten die Rectascension und Poldistanz der vorzüglichsten von ihnen für den Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts; unter IV. sieht man die *Periode* oder die Zeit, in welcher jeder dieser Sterne alle seine verschiedenen Lichtphasen durchwandelt und z. B. wieder zu seinem gröſsten oder zu seinem kleinsten Lichte zurückkehrt; die beiden letzten Columnen V. und VI. endlich geben die scheinbare Gröſse dieser Sterne zur Zeit ihres stärksten und schwächsten Lichtes.

Namen der Sterne	Rectascension 1800		Poldistanz 1800		Periode	Phasen	
						Gröſste	Kleinste.
o Ceti	32°	19′	93°	53′	331,96 Tage	II	0
β Persei	43	48	49	49	2,87	II	IV
Leonis maj.	144	12	77	39	311,4	V	XII
Virginis	187	5	81	55	145,5	VI	0
Hydrae	199	42	112	15	494	III	0
Serpentis	218	4	74	57	353	VIII	0
Coronae bor.	235	5	61	13	335	VI	0
Serpentis	235	22	74	15	340	V	0
α Herculis	256	23	76	23	60	III	IV
Scuti Sobies.	279	12	94	54	61	V	VII
β Lyrae	280	41	56	51	6,4	III	V
η Antinoi	295	34	89	30	7,2	IV	V
Cygni	294	43	57	35	407,5	IV	0
δ Cephei	335	26	32	36	5,4	III	IV
Aquarii	353	32	106	23	382,5	VI	0

Der erste dieser Sterne, o im Wallfisch oder der sogenannte *Mira Ceti*, wie ihn Hevel zuerst geheiſsen hat, wurde als ein veränderlicher Stern von David Fabricius im J. 1596 entdeckt. Er zeigt unter allen die stärksten Lichtwechsel, da er von einem Sterne der II. Gröſse bis zum völligen Verschwinden

Digitized by Google

seines Lichts abnimmt. In den neuesten Zeiten hat Wurm die Lichtperiode dieses Sterns mit groſser Genauigkeit aus vielen Beobachtungen desselben zu 331,96 Tagen bestimmt und auch eigene Tafeln für seine Erscheinungen gegeben. Im J. 1838 hatte er sein stärkstes Licht am 23. Januar, und wenn man zu dieser Epoche die Zeit von 331 Tagen 23 Stunden mehrmals addirt, so erhält man die Zeiten seines gröſsten Lichts für die folgenden Jahre. Dabei ist noch merkwürdig, daſs die Abnahme seines Lichtes viel schneller erfolgt, als die Zunahme desselben. Wenn er, seinem gröſsten Lichte zugehend, einmal die VI. Gröſse erreicht hat, so wächst er von da bis zur II. Gröſse durch 40 Tage, bleibt dann 26 weitere Tage in diesem seinen gröſsten Lichte und nimmt dann durch 66 Tage wieder bis zur VI. Gröſse ab, so daſs er also während 132 Tagen gröſser und während der übrigen 200 Tage kleiner ist, als ein Stern der VI. Gröſse. Zur Zeit seines kleinsten Lichtes ist er meistens, selbst durch bessere Fernröhre, unsichtbar.

Der zweite Stern unserer Tafel, β Persei, ist unter dem Namen *Algol* bekannt. Er steht in dem Medusenkopfe des Perseus und hat bei seinem hellsten Lichte die II. Gröſse, so wie α Persei nahe über ihm. Seine Lichtwechsel sind von einer Art, die man bei keinem andern veränderlichen Sterne bemerkt. Durch 61 Stunden sieht man ihn sein *gröſstes Licht*, als Stern der II. Gröſse, beibehalten, dann aber fängt er *plötzlich* an schwächer zu werden und schon in den 4 nächsten *Stunden* ist er zu einem Sterne der IV. Gröſse herabgesunken. In diesem Zustande verweilt er nahe eine Viertelstunde ohne merkliche Veränderung, aber in den nächsten 4 St. 40 Min. nimmt er wieder schnell bis zur II. Gröſse zu, verweilt in diesem Zustande wieder 61 Stunden und beginnt dann die eben erzählten Erscheinungen in derselben Ordnung. Auch von ihm hat Wurm eine Tafel gegeben, durch die man die Lichtphasen dieses Sterns für jede willkürliche Zeit durch eine einfache Rechnung bestimmen kann[1]. Der oben erwähnte Goodricke hat im J. 1783 die merkwürdige Veränderlichkeit dieses Sterns entdeckt. Man kann noch als eine besondere Eigenthümlichkeit desselben be-

---

1 S. Astronomisches Jahrbuch für 1801, 1804, 1822.

Digitized by Google

merken, daſs sein Licht während aller Phasen desselben glänzend weiſs erscheint, während das aller andern veränderlichen Sterne röthlich ist.

Der dritte veränderliche Stern, im Löwen, wurde im J. 1780 von Koch entdeckt. Die Zunahme seines Lichtes dauert 85, die Abnahme aber 140 Tage. Auch bei dem folgenden Sterne, in der Jungfrau, den Harding entdeckte, ist die Zeit der Zunahme seines Lichtes viel kürzer, als die der Abnahme. Den Stern in der Hydra entdeckte Montanari im J. 1672, die zwei in der Schlange aber wurden 1828 von Harding und der in der Krone 1782 von Pigott gefunden. Der letzte zeigt sonderbare Anomalieen in seinem Lichtwechsel, da er oft mehrere Jahre ganz unveränderlich scheint, dann aber wieder seine Gestalt von der VI. Gröſse bis zum Verschwinden sehr deutlich ändert. Der Doppelstern α Herculis wurde 1795 von dem ältern Herschel entdeckt. Die Zunahme seines Lichtes dauert 22, die Abnahme aber nahe 39 Tage. Den Stern im Sobieski'schen Schilde und η Antinoi entdeckte Pigott 1784 und 1795; β Lyrae und δ Cephei wurden 1784 von Goodricke, der im Schwan 1686 von Kirch, so wie endlich der im Wassermann 1811 von Harding gefunden. Ohne Zweifel giebt es noch viele ähnliche veränderliche Sterne, und die Astronomen scheinen ihnen bisher noch nicht diejenige Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, die so merkwürdige und auffallende Gegenstände wohl verdienen. Mit Ausnahme des Algol ist das Licht aller der oben erwähnten veränderlichen Sterne röthlich, gleich nach ihrem gröſsten Glanze gewöhnlich dunkel- oder kupferroth; beinahe bei allen ist die Zeit der Zunahme des Lichts ungleich kürzer, als die der Abnahme desselben, und die kleinste Lichtphase dauert auch bei allen viel länger, als die gröſste. Der Seltenheit und noch mehr der Gerechtigkeit gemäſs muſs noch bemerkt werden, daſs die Entdeckung des Algol als veränderlichen Sterns zwar, wie gesagt, von Goodricke im J. 1783, allein nahe zu derselben Zeit auch von dem astronomischen Bauer Palitsch bei Dresden gemacht worden ist, demselben, der auch im J. 1759 den Halley'schen Kometen einen ganzen Monat früher, als alle Astronomen Europa's, gesehn hat. Er war, wie der jüngere Herschel mit Recht sagt, *a peasant by station, an astronomer by nature.*

Digitized by Google

Ueber den eigentlichen Grund des wunderbaren Lichtwechsels hat man verschiedene Meinungen aufgestellt, die wir hier, ohne über ihren verhältniſsmäſsigen Werth entscheiden zu wollen, kurz zusammenstellen. Einige glauben, daſs diese Sterne, gleich unserer Sonne, eine Rotation um ihre Axe haben, aber an einer ihrer Seiten lichtlos oder doch mit mehrern dunklen Flecken bedeckt sind. Andere lassen groſse, dunkle Planeten um diese Sonnen gehn, die uns das Licht derselben rauben, wenn sie zwischen uns und ihren Centralkörper treten. Wieder andere nehmen den Bau dieser Sonnen linsenförmig an, wo sie dann, wenn sie uns ihre scharfe Kante zuwenden, in ihrer kleinsten Lichtphase erscheinen. Auch wollte man diese sonderbaren Erscheinungen in atmosphärischen Erzeugnissen dieser Körper, in wolkenähnlichen Gebilden u. dgl. suchen, denen unserer Sonnenflecken ähnlich, und was der hierüber geäuſserten Meinungen mehr seyn mögen. Es ist aber auch möglich, daſs diese Erscheinungen eine weniger mechanische Ursache haben und daſs die veränderlichen Sterne ihren Lichtwechsel einem periodisch wiederkehrenden Anspannen und Nachlassen jener Naturkraft verdanken, durch welche das ihnen eigenthümliche Selbstleuchten erzeugt wird.

G. Veränderungen an den Nebelmassen des Himmels.

Noch viel weniger sind uns diejenigen Veränderungen bekannt, welche an den vielen Nebelmassen (*Nebelflecken*) des Himmels statt haben, obschon diese, vielleicht in ihrer ersten Ausbildung begriffenen Körper mehr Stoff zu solchen Aenderungen geben können, als alle andere Körper des Himmels. Der Grund dieses Mangels unserer Kenntnisse liegt in dem Umstande, daſs uns diese wunderbaren Gebilde des Himmels erst seit Kurzem durch den ältern Herschel vorgeführt worden sind, daſs zu ihrer Beobachtung meistens nur die vorzüglichsten Teleskope, die nicht Jedermanns Sache seyn können, geeignet sind, und daſs es endlich bei so schwer zu sehenden und bei so schwach begrenzten Körpern, von denen wir keine früheren genauen Zeichnungen haben, beinahe unmöglich ist, geringe Veränderungen, die sie mit der Zeit in ihrer Gestalt angenommen haben, mit Sicherheit anzugeben.

Digitized by Google

Am meisten ist uns in dieser Beziehung noch der groſse und merkwürdige Nebel im Schwertgehenke Orions (Rectasc. $5^h\,27'$ und Poldistanz $95°\,30'$) bekannt geworden. Er wurde zuerst von Huyghens im J. 1659 beschrieben und abgebildet, später haben Derham, Godin, Mairan, Picard, Legentil und Messier Beschreibungen oder Zeichnungen dieses Nebels geliefert. In den neuern Zeiten haben sich Schröter und der jüngere Herschel mit diesen wunderbaren Gegenständen vorzugsweise beschäftigt, und der Letztere besonders hat in den Mem. of the astron. Society zu London eine Zeichnung desselben gegeben, die alle anderen an Genauigkeit der Ausführung weit hinter sich zurückläſst. Wir bemerken hier nur das, was auf fortgehende Veränderungen in diesem Nebel zu deuten scheint. Der hellste Theil desselben scheint nicht sowohl in einem stetigen hellen Lichte zu glänzen, als vielmehr in beweglichen Flammen aufzulodern. Das sogenannte *Trapez* in diesem Nebel ist ein fast regelmäſsiges Viereck, das von vier Sternen gebildet wird, deren einer, ϑ Orionis, der IV., die drei andern aber der VI., VII. und VIII. Gröſse sind. Dieses *Trapez* ist von einem sehr hellen Theile jenes groſsen Nebels umgeben, der aber nicht bis zu diesen Sternen selbst vordringt, sondern sich vielmehr von denselben auf allen Seiten zurückzuziehn scheint, so daſs dieses Trapez selbst in seinen nächsten Grenzen von einem dunklen Rahmen eingeschlossen wird. In diesem Trapeze hat man vor einigen Jahren einen kleinen feinen Stern entdeckt, der aber seitdem beträchtlich gewachsen zu seyn scheint, da er jetzt in guten Fernröhren sehr leicht gesehn wird, während er früher gewiſs unsichtbar war, weil kein Astronom denselben erwähnt, obschon ohne Zweifel alle diesen merkwürdigen Nebel und in ihm dieses auffallende Trapez wiederholt und aufmerksam betrachtet haben. Wenige Jahre später sah der jüngere Herschel noch einen sechsten, sehr kleinen Stern in diesem Trapeze, der von ϑ Orionis nur 5 oder 6 Secunden entfernt ist. An der Südgrenze der sogenannten *Huyghens'schen Region* dieses Nebels bemerkt man drei nahe stehende feine Sternchen, nahe bei einem sehr dunklen Theile des Nebels, die aber, den frühern Beobachtungen zufolge, ehedem noch ganz in diesem dunklen Nebel gelegen waren, so daſs sich also der dunkle Nebel von diesen drei Sternen ganz ebenso, wie von denen des erwähnten Trapezes,

Digitized by Google

allmälig zurückzuziehn scheint. Auch sah Schröter in dem dunkelsten Theile des ganzen Nebels häufig feine Sternchen schimmern, und ein anderes Mal bemerkte er in demselben einen hellen pyramidalischen Lichtnebel, der aber schon in wenigen Tagen wieder für immer verschwand.

Im Jahre 1800 sah Schröter eine groſse helle Lichtkugel auf einer Stelle, wo er doch früher durchaus nichts dieser Art gefunden hatte, und auch diese Erscheinung war schon nach einigen Tagen wieder verschwunden. Wenn diese Beobachtungen gegründet sind, welche Veränderungen müssen in jener Nebelmasse vor sich gehn, da sie uns, in einer so ungeheuern Entfernung von ihr, doch noch so bedeutend erscheinen!

Da es höchst wahrscheinlich ist, daſs diese wunderbaren Gebilde des Himmels noch im Zustande der Ausbildung stehn und daſs sich aus ihnen in der Folge der Zeiten erst eigentliche Sternwesen entwickeln werden, welche Veränderungen müssen mit ihnen vorgegangen seyn, und welchen Metamorphosen werden sie noch unterliegen, bis sie endlich zu der Form und Ausbildung gelangen, zu der sie von der Natur bestimmt sind! Wahrscheinlich werden aber zu dieser Entwickelung aus dem ersten chaotischen Nebel bis zu der gereiften Sonne viele Millionen von Jahren erforderlich seyn, und unsere Beobachtungen derselben sind noch nicht einmal ein einziges Jahrhundert alt geworden. Welche Ansprüche wollen wir da auf Kenntnisse solcher Art machen? Wie aber ein aufmerksamer Beobachter, wenn er einen Garten betritt, in welchem er Tausende von Pflanzen jeder Art und jedes Alters mit *allen* Abstufungen ihres Wuchses mit einem Blicke übersieht, wie er daraus, ohne eben jede einzelne dieser Pflanzen von ihrer Entstehung an bis zu ihrem Untergange verfolgt zu haben, doch schon die allmäligen Entwickelungen derselben erkennen und übersehn kann, ebenso werden auch wir, wenn wir den endlosen Garten des Himmels und die unzählbaren Gewächse desselben auf allen Stufen ihrer Entwickelungen erblicken, aus dieser Mannigfaltigkeit selbst ein Bild von dem allmäligen Wachsthume jener Körper entwerfen können. Auf welche Weise aber diese Entwickelung vor sich geht und durch welche Kraft sie bewirkt wird, das wissen wir nicht von den Körpern unserer Erde, wir wissen es von uns

ſelbst nicht, wie ſollten wir es von jenen ſo weit entfernten und uns in allen Beziehungen ſo fremden Körpern des Himmels ergründen wollen! Ohne den dichten Schleier zu durchdringen, welchen die Mutter aller Dinge vor die beiden äuſserſten finſtern Kammern ihrer Werkſtätte gezogen hat, in denen ſie die Geburt und den Tod ihrer Geſchöpfe bereitet, wollen wir uns begnügen, die Stufenfolgen zwiſchen jenen beiden äuſserſten Endpuncten des Lebens aller Weſen, der Erde und des Himmels, mit unſern Augen zu erkennen. Unſere Fernröhre haben uns jenen weitverbreiteten chaotiſchen Urnebel gezeigt, der ſich oft über viele Grade des Himmels beinahe geſtaltlos dahin zieht. Aus ihm entwickeln ſich an mehrern Stellen, wahrſcheinlich durch die Attraction der in dem weiten Nebel enthaltenen Maſſen, einzelne überwiegende Theile, deren Geſtalt zwar auch noch unbeſtimmt, deren Licht aber ſchon kräftiger iſt. Dort ſcheinen ſich dieſe helleren Stellen ſchon mehr aufgeklärt, von ihrem primitiven Stamme losgeriſſen und zu eignen, ſelbſtſtändigen Körpern entwickelt zu haben, die aber noch immer die urſprüngliche Nebelnatur an ſich tragen und gewöhnlich als kleinere, ſchon ſchärfer begrenzte, hellere Nebel, unſern Schäferwölkchen gleich, zu ganzen Lagern an ihrer ehemaligen Geburtsſtätte ſtehn. Weiterhin finden wir dieſe bereits iſolirten Nebel noch kleiner, von ihren Nachbarn bereits durch gröſsere Zwiſchenräume getrennt und gegen ihren Mittelpunct allmälig an Helle zunehmend. Wieder andere, ſchon Millionen Jahre ältere Nebel haben ſich bereits zu einer Kugelgeſtalt abgerundet, zu Nebelkugeln, deren dichterer hellerer Mittelpunct ſich allmälig dem Sternlichte nähert, aber doch noch von einer dichten Nebelhülle umgeben iſt. In jenen andern iſt dieſe Hülle von dem ſtärkern Centralpuncte bereits gröſstentheils abſorbirt worden und der künftige Stern tritt ſchon rein und hell aus dem Reſte ſeines Urſtoffs hervor. Oft ſieht man auch aus dem ehemaligen Nebel zwei oder auch mehrere ſolcher vorherrſchenden Stellen heraustreten, die hier noch in ihre Hülle tief eingewickelt, dort aber, wo ſie dieſelbe bereits groſsentheils aufgezehrt und in ſich aufgenommen haben, nur noch durch ein ſchwaches Nebelbild unter einander verbunden ſind oder daſſelbe in der Geſtalt eines Schweifes, gleich einem Kometen, nach ſich ziehn, bis endlich nach andern Millionen von

Digitized by Google

Jahren auch diese letzten Reste des frühern Zustandes verschwunden sind und der neue Stern als eigentliche Sonne im reinen, strahlenden Lichte am Himmel prangt.

Uebrigens sind alle diese Gegenstände, so erhaben sie auch an sich selbst seyn mögen, zu weit auſser dem Bereiche aller unserer eigentlichen Beobachtung, daher wir sie auch in diesem Werke, welches nicht den Spielen der Phantasie, sondern nur unseren positiven Kenntnissen von der Natur gewidmet ist, nicht weiter verfolgen wollen.

L.

Verbindungen, chemische.

Compositiones chemicae; Combinaisons chimiques; *chemical combinations.* Die durch Affinität bewirkten Verbindungen ungleichartiger Stoffe zu gleichartigen Ganzen. S. *Verwandtschaft.*

G.

Verbindungen, organische.

Compositiones organicae; matières organiques; *organic compounds.* Die chemischen Verbindungen der einfachen Stoffe lassen sich in *unorganische* und *organische* eintheilen; beide enthalten dieselben Elemente, aber die Art, wie diese vereinigt sind, ist eine verschiedene. Es ist zwar noch nicht gelungen, zwischen beiden Classen von Verbindungen eine scharfe Grenzlinie zu ziehen, doch dienen zu ihrer Unterscheidung vorzüglich folgende Anhaltpuncte.

1) Die unorganischen Verbindungen sind vorzugsweise im Mineralreiche, die organischen in den Pflanzen und Thieren zu Hause. Jedoch finden sich im Mineralreiche auch viele organische Verbindungen, wie Steinkohle, Bernstein u. s. w., und in den Pflanzen und Thieren unorganische, zum Theil in groſser Menge, wie Wasser, unorganische Salze u. s. w.

2) Die organischen Verbindungen werden fast bloſs durch die lebenden Pflanzen und Thiere erzeugt, die unorganischen

Digitized by Google

bilden sich auch in der sogenannten todten Natur und sind daher auch künstlich darstellbar. Allein es ist in neueren Zeiten geglückt, auch einige organische Verbindungen, wie Kleesäure, Harnstoff, Moder u. a., durch die Kunst zu erzeugen, so wie man fast jede gegebene organische Verbindung in eine oder mehrere andere überzuführen vermag.

3) Die unorganischen Verbindungen können als binäre betrachtet werden, die organischen als ternäre, quaternäre, quinäre u. s. w., indem man annimmt, in den ersteren seyen immer nur 2 Bestandtheile, dagegen in letzteren 3, 4, 5 und mehrere Bestandtheile unmittelbar mit einander vereinigt, ohne zuvor binäre Verbindungen eingegangen zu haben. Allerdings halten viele unorganische Verbindungen mehr als 2 Elemente, aber dennoch läſst sich an einem Beispiele leicht zeigen, daſs sie als binäre Verbindungen angesehn werden können. Das krystallisirte schwefelsaure Natron hält 4 Elemente, nämlich Natrium, Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff; es ist aber eine binäre Verbindung von trocknem schwefelsaurem Natron und Krystallwasser; letzteres ist eine binäre Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff, ersteres von Schwefelsäure und Natron, die auch wieder binäre Verbindungen von Schwefel und Sauerstoff und von Natrium und Sauerstoff sind. Anders verhält es sich mit den organischen Verbindungen. So besteht z. B. die für sich möglichst getrocknete Kleesäure aus 2 Atomen Kohlenstoff, 1 Wasserstoff und 4 Sauerstoff. Diese Verhältnisse sind zwar von der Art, daſs man die Kleesäure als eine binäre Verbindung von 2 Atomen Kohlensäure und 1 Wasserstoff oder von 2 Atomen Kohlenoxyd und 1 Wasserstoffhyperoxyd betrachten könnte; allein sowohl die Unmöglichkeit, die Kleesäure aus den hier vorausgesetzten Bestandtheilen zusammenzusetzen, als auch die Möglichkeit, hinsichtlich einer solchen binären Zusammensetzung sehr viele Ansichten aufzustellen, von welchen die eine oft nicht mehr Wahrscheinlichkeit hat, als die andere, sprechen für die Annahme, daſs sämmtliche Elemente sich unmittelbar zu einer organischen Verbindung vereinigen, die zwar bei verschiedenen Zersetzungen in binäre Verbindungen zerfallen kann, ohne daſs man jedoch deren Präexistenz in der organischen Verbindung anzunehmen hat. Aber auch diese Unterscheidung der unorganischen und organischen Verbindungen kann nicht

Digitized by Google

mehr ganz genügen, seitdem es sich gezeigt hat, daſs viele Körper, die in allen übrigen Beziehungen als organische zu betrachten sind, namentlich viele flüchtige Oele, bloſs aus 2 Elementen, dem Kohlenstoff und Wasserstoff, bestehn.

4) Die unorganischen Säuren sind Verbindungen von Sauerstoff oder von Wasserstoff mit einem einfachen *Säureradical;* so ist in der Schwefelsäure der Schwefel, in der Salzsäure das Chlor das Säureradical. Betrachtet man die organischen Säuren ebenfalls als Verbindungen von Sauerstoff oder Wasserstoff mit einem Säureradical, so findet es sich, daſs dieses zusammengesetzt ist. So läſst sich die Kleesäure betrachten als eine Wasserstoffsäure, im welcher 1 Atom Wasserstoff mit einem Radical verbunden ist, das aus 2 Atomen Kohlenstoff und 4 Sauerstoff besteht. Etwas Aehnliches lieſse sich bei den übrigen organischen Säuren annehmen, und auch die Blausäure wäre hiernach zu den organischen Säuren zu zählen, deren Radical, das Cyan, aus Stickstoff und Kohlenstoff besteht. Auf gleiche Weise lassen sich die unorganischen und organischen Salzbasen unterscheiden; in erstern, bloſs das Ammoniak ausgenommen, haben wir immer eine Verbindung von Sauerstoff mit einem einfachen Radical, einem Metall, in letztern wird eine Verbindung des Sauerstoffs mit einem aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff zusammengesetzten Radical anzunehmen seyn. Gelänge es, diese Ansicht auf *alle* organische Verbindungen auszudehnen, so begriffe die unorganische Chemie die einfachen Radicale und deren Verbindungen, die organische die zusammengesetzten Radicale und deren Verbindungen.

Die Elemente, welche die organischen Verbindungen zusammensetzen, sind vorzüglich: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Von ihnen ist der Kohlenstoff das wesentlichste, da er das einzige Element ist, welches in keiner Verbindung fehlt, die man als organisch betrachten könnte. Er bildet mit Stickstoff das Cyan und Mellon, die nach der unter 4 entwickelten Ansicht als organisch anzusehn sind, und mit Wasserstoff mehrere flüchtige Oele. Die meisten ternären organischen Verbindungen bestehn aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die quaternären halten auſserdem noch Stickstoff, aber noch viele andere Elemente finden sich in theils natürlich vorkommenden, theils künstlich umgewan-

Digitized by Google

delten organischen Verbindungen, z. B. Chlor, Brom, Iod, Schwefel, Phosphor und Metalle, welche Elemente bald den Wasserstoff, bald den Sauerstoff vertreten. So besteht der Aether aus 4 C, 5 H, 1 O[1], die Salznaphtha aus 4 C, 5 H, 1 Cl., und während die getrocknete Kleesäure 2 C, 1 H und 4 O hält, so hält der sogenannte getrocknete kleesaure Kalk 2 C, 1 Ca und 4 O, also ist in der Salznaphtha der O des Aethers durch Chlor vertreten und in dem trocknen kleesauren Kalke der Wasserstoff der Kleesäure durch Calcium.

Sehr viele organische Verbindungen, die sich in ihren Eigenschaften wesentlich unterscheiden, sind aus denselben Elementen und nach demselben Verhältnisse zusammengesetzt. So halten z. B. Paraffin, Rosencampher, Ceten, Wachsöl, Weinöl und einige andere Verbindungen 6 Theile Kohlenstoff auf 1 Wasserstoff. Diese auffallende Erscheinung ist theils aus der *Isomerie*, theils und vorzüglich aus der *Polymerie* zu erklären[2].

Die Affinität, durch welche die Elemente zu organischen Verbindungen vereinigt sind, ist geringer, als diejenige, vermöge welcher unorganische Verbindungen entstehn; daher sind erstere sehr geneigt sich zu zersetzen. Die wichtigsten Zersetzungen derselben sind folgende.

1) Die *freiwillige Zersetzung*, wohin die verschiedenen Gährungs- und Fäulnifs-Processe gehören, erfolgt bei gewöhnlicher Temperatur und bei Gegenwart von Luft und Wasser. Hierbei nehmen die organischen Verbindungen meistens Sauerstoff aus der Luft auf und verwandeln sich theils in an-

---

1 Bei diesen Zahlen und Zeichen, die in diesem Artikel öfters vorkommen, ist Folgendes zu Grunde gelegt, was im Artikel *Verwandtschaft* ausführlicher auseinandergesetzt ist. Wenn man annimmt, 1 Atom H, d. h. Wasserstoff, wiege 1, so wiegt 1 Atom C, d. h. Kohlenstoff, 6; 1 At. O, d. h. Sauerstoff, 8; 1 At. N, d. h. Stickstoff, 14; 1 At. Cl., d. h. Chlor, 35,5; 1 At. Br., d. h. Brom, 78,4; 1 At. J., d. h. Iod 126,0 und 1 At. S, d. h. Schwefel, 16. Der Aether besteht hiernach aus 4.6 = 24 Theilen Kohlenstoff, 5.1 = 5 Theilen Wasserstoff und 1.8 = 8 Theilen Sauerstoff, und die Salznaphtha aus 24 Theilen Kohlenstoff, 5 Theilen Wasserstoff und 35,5 Theilen Chlor.

2 S. Art. *Verwandtschaft*.

Digitized by Google

dere organische Verbindungen, theils in unorganische Verbindungen und Elemente, wie Wasser, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Ammoniak, Salpetersäure, Stickgas, Wasserstoffgas u. s. w. Frostkälte, Austrocknung, Abhaltung der Luft und Zusatz verschiedener Stoffe, mit welchen die organischen Körper dauerhaftere Verbindungen eingehn, hindern diese Selbstentmischung.

2) Die *trockene Destillation*, d. h. Erhitzung derjenigen organischen Körper, welche nicht bei niederer Temperatur verdampfen, bei abgehaltener Luft, zersetzt sie theils in neue organische Verbindungen, wie brenzliches Oel, Essigsäure u. s. w., theils in unorganische Verbindungen und einfache Stoffe, wie Wasser, Ammoniak, Kohlenoxyd -, kohlensaures, Kohlenwasserstoff -, ölerzeugendes, Stick- und Wasserstoffgas, und es bleibt ein groſser Theil des Kohlenstoffes in Gestalt von Kohle zurück.

3) Fast alle organische Verbindungen verbrennen beim Erhitzen an der Luft unter Feuerentwicklung, weil der in ihnen enthaltene Sauerstoff niemals hinreicht, um allen Kohlenstoff in Kohlensäure und allen Wasserstoff in Wasser zu verwandeln. Geht die Verbrennung vollständig vor sich, so lösen sie sich dabei in Kohlensäure und Wasser und, wofern sie Stickstoff enthalten, in Stickgas auf und die ihnen beigemengt gewesenen unorganischen Stoffe bleiben als Asche zurück.

4) Chlor, Brom und Iod zersetzen die meisten organischen Verbindungen, oft schon bei gewöhnlicher Temperatur, durch ihre groſse Affinität zum Wasserstoff, den sie denselben entziehn.

5) Salpetersäure zersetzt sie vorzüglich durch Abtreten von Sauerstoff an den Kohlenstoff und Wasserstoff, was oft unter starker Wärme- und selbst Feuerentwicklung erfolgt; es entstehn hierbei vorzüglich Salpetergas, kohlensaures Gas, Wasser, Blausäure, Essigsäure und Kleesäure.

6) Concentrirte Schwefelsäure erzeugt vermöge ihrer groſsen Affinität zu Wasser und Ammoniak diese aus den Bestandtheilen der organischen Verbindung, wodurch dieselbe relativ kohlenstoffreicher und dunkler gefärbt wird, und erzeugt auch durch Abtreten von Sauerstoff an den Kohlenstoff der Verbindung Kohlensäure und schweflige Säure. Die

Digitized by Google

Phosphor-, Salz- und Fluſssäure wirken auch vorzüglich durch Bildung von Wasser und Ammoniak zersetzend.

Die organischen Verbindungen lassen sich in stickstofffreie und stickstoffhaltende abtheilen. Da erstere den gröſsten Theil der Pflanzen, letztere der Thiere bilden, so heiſsen erstere oft *vegetabilische* Stoffe, letztere *animalische*, wiewohl die Pflanzen auch stickstoffhaltige Stoffe enthalten, wie Kleber, und die Thiere stickstofffreie, wie Fett. Es folgt hier eine kurze Uebersicht der wichtigsten organischen Verbindungen, mit Angabe ihrer stöchiometrischen Zusammensetzung in dem Zustande, wie sie durch möglichst starkes Austrocknen für sich erhalten werden.

A. Stickstofffreie organische Verbindungen.

a) Stickstofffreie organische Säuren.

1) *Kleesäure* (2C, 1H, 4O); die stärkste organische Säure, von äuſserst saurem Geschmack, in gröſserer Dosis giftig. Sublimirt sich in der Hitze zum Theil unzersetzt in farblosen Nadeln, zerfällt dabei zum Theil in Kohlenoxyd, Kohlensäure, Wasser und Ameisensäure. Entwickelt beim Erhitzen mit Vitriolöl, welches Wasser aufnimmt, gleiche Maſse Kohlenoxyd- und kohlensaures Gas. Krystallisirt aus der wässerigen Lösung in wasserhaltenden geraden rhomboidischen Säulen. Schlägt den Kalk aus allen neutralen Kalksalzen, namentlich auch aus der Gypslösung nieder. Liefert mit den meisten Salzbasen unlösliche Salze; das *Sauerkleesalz* ist doppelt-kleesaures Kali.

2) *Traubensäure* (4C, 3H, 6O). Sehr sauer; zersetzt sich beim Erhitzen vollständig, wobei auſser brenzlichem Oel u. s. w. auch Brenztraubensäure und Brenzweinsäure gebildet werden. Krystallisirt mit Wasser in schiefen rhomboidischen Säulen, schlägt aus der Gypslösung den Kalk nieder, doch viel langsamer, als Kleesäure.

3) *Weinsäure* (4C, 3H, 6O), also isomer mit Traubensäure. Wasserhelle schiefe rhombische Säulen, sehr sauer, über 100° schmelzbar, liefert in der Hitze dieselben Producte, wie die Traubensäure, fällt zwar das Kalkwasser, aber, gleich allen übrigen nachfolgenden Säuren, nicht den schwefelsauren

Digitized by Google

Kalk. Der *Weinstein* ist doppelt-weinsaures Kali, das *Seignettesalz* ist weinsaures Natron-Kali, der *Brechweinstein* ist weinsaures Antimonoxyd-Kali.

4) *Schleimsäure* (6 C, 5H, 8O). Krystallinisch-körnig, von schwachsaurem Geschmack, liefert bei der trocknen Destillation Brenzschleimsäure, löst sich in 60 kochendem Wasser, bildet meistens unlösliche Salze; fällt das Kalkwasser und den salzsauren Kalk.

5) *Citronensäure*, die nicht verwitternde krystallisirte (4C, 3H, 5O). Sehr sauer; liefert bei der trocknen Destillation Brenzcitronensäure; leicht in Wasser löslich, trübt das Kalkwasser bloſs in der Wärme.

6) *Aepfelsäure.* Mit der Citronensäure isomer; sehr sauer, schwierig krystallisirend, sehr zerflieſslich, liefert in der Hitze Brenzäpfelsäure, trübt Kalkwasser auch in der Wärme nicht, giebt mit Bleioxyd ein in heiſsem Wasser lösliches, in feinen Nadeln krystallisirendes Salz, während die Verbindungen des Bleioxyds mit allen zuvor betrachteten Säuren nicht in Wasser löslich sind.

7) *Chinasäure* (15 C, 10H, 10O). Krystallinisch, sehr sauer, leicht in Wasser löslich, erzeugt bei der trocknen Destillation Brenzchinasäure, bildet mit sämmtlichen Salzbasen leicht in Wasser lösliche Salze.

8) *Ameisensäure* (2C, 2H, 4O). Wasserhelle Flüssigkeit von ätzend saurem Geruch und Geschmack, unzersetzt verdampfbar, beim Erhitzen mit Vitriolöl in Wasser und Kohlenoxydgas und beim Erhitzen mit wässerigem salpetersaurem Quecksilberoxydul unter Fällung von metallischem Quecksilber in Wasser und Kohlensäure zerfallend, mit Wasser in jedem Verhältnisse mischbar und nur lösliche Salze bildend.

9) *Essigsäure* (4C, 4H, 4O). Krystallisirt im concentrirtesten Zustande als *Eisessig* unter 15° in wasserhellen Tafeln, erscheint bei höherer Temperatur als wasserhelle Flüssigkeit von 1,063 spec. Gewicht, siedet bei 119° und verdampft unzersetzt, riecht und schmeckt sehr sauer. Mischt sich mit Wasser nach jedem Verhältnisse (der Essig ist als verdünnte Essigsäure zu betrachten). Liefert mit Salzbasen lauter in Wasser lösliche Salze, welche mit verdünnter Schwefelsäure den Geruch nach Essigsäure entwickeln, das salzsaure Eisenoxyd gelbroth färben und mit salpetersaurem Queck-

Digitized by Google

silberoxydul und Silberoxyd einen weiſsen, perlglänzenden, schuppigen Niederschlag geben. Die gebräuchlichsten Salze sind das wässerige essigsaure Ammoniak (*Spiritus Mindereri*), das essigsaure Kali, durch groſse Zerflieſslichkeit ausgezeichnet (*Terra foliata tartari*), das einfach-essigsaure Bleioxyd, durch Löslichkeit in Weingeist vom ameisensauren Bleioyd unterschieden (*Bleizucker*), das wässerige drittel-essigsaure Bleioxyd (*Bleiessig*), das einfach-essigsaure Kupferoxyd (*krystallisirter Grünspan*) und das basisch-essigsaure Kupferoxyd (*gemeiner Grünspan*).

10) *Milchsäure* (6 C, 6 H, 6 O). Farbloser, geruchloser, sehr saurer Syrup, liefert bei der trocknen Destillation auſser den gewöhnlichen Producten ein weiſses Sublimat (6 C, 4 H, 4 O), wenig in Wasser löslich, aber bei längerem Kochen mit Wasser wieder in Milchsäure übergehend. Erzeugt ebenfalls lauter in Wasser lösliche Salze.

11) *Meconsäure* (7 C, 2 H, 7 O). Krystallisirt mit Wasser in farblosen Schuppen; geruchlos, von mäſsig saurem und bitterlichem Geschmacke. Löst sich leicht in Wasser, ertheilt Eisenoxydsalzen eine lebhaft rothe Farbe; bildet mit mehreren Salzbasen schwer in Wasser lösliche Salze. Beim Erhitzen für sich schmilzt sie und liefert ein Sublimat von *Brenzmeconsäure* (10 C, 4 H, 6 O); beim Kochen mit Wasser verwandelt sie sich unter Entwickelung von Kohlensäure in *Metameconsäure* (12 C, 4 H, 10 O), welche beide Säuren ebenfalls die Eisenoxydsalze röthen.

12) *Gallussäure* (7 C, 3 H, 5 O). Farblose Nadeln, von schwach saurem und herbem Geschmacke; zieht, mit wässerigen Alkalien gemischt, aus der Luft Sauerstoff an und zersetzt sich in Humin mit erst rother oder grünblauer, dann brauner Färbung; löst sich in 20 kaltem Wasser; giebt mit Erden und schweren Metalloxyden unlösliche Verbindungen, schlägt mehrere der letztern aus ihren Auflösungen in andern Säuren mit eigenthümlichen Farben nieder und fällt namentlich Eisenoxydsalze blauschwarz. Schmilzt beim Erhitzen und zerfällt bei 210° in Kohlensäure und sich in zarten weiſsen Blättchen sublimirende *Brenzgallussäure* (6 C, 3 H, 3 O), während sie, bis über 240° erhitzt, unter Entwicklung von Kohlensäure und Wasser in eine braune, geschmacklose, nicht

Digitized by Google

in Waſser, aber mit brauner Farbe in Alkalien lösliche Säure, die *Metagallussäure* (6 C, 2 H, 2 O), umgewandelt wird.

13) Die *Brenzweinsäure* (5 C, 4 H, 4 O), *Brenztraubensäure* (6 C, 4 H, 6 O)(?), *Brenzschleimsäure* (10 C, 4 H, 6 O), *Brenzcitronensäure* (5 C, 3 H, 4 O)(?), *Brenzäpfelsäure* (4 C, 2 H, 4 O) und *Brenzchinasäure* erscheinen, mit Ausnahme der Brenztraubensäure, welche sich als ein Syrup darstellt, in farbloſen Kryſtallen von mäſsig ſaurem Geſchmack und sind alle unzerſetzt verdampfbar.

14) *Bernsteinsäure* (4 C, 2½ H, 3½ O). Waſserhelle ſchiefe rhombiſche Säulen, ſchmelzbar, ohne Zerſetzung verdampfbar, ſchwach ſauer, in 24 kaltem Waſser löslich, fällt, an Alkalien gebunden, die Eiſenoxydſalze bräunlich gelb.

15) *Benzoesäure* (14 C, 6 H, 4 O). Kryſtalliſirt in weiſsen perlglänzenden Blättchen, ſchmeckt weniger ſauer, als warm, ſchmilzt leicht, verdampft unzerſetzt in zum Huſten reizenden Dämpfen, verbrennt mit lebhafter Flamme, läſst ſich als eine Verbindung von *Benzoyl* (14 C, 5 H, 2 O) mit Sauerſtoff und Kryſtallwaſser betrachten. Zerfällt beim Erhitzen mit überſchüſsigem Kalk in Kohlenſäure, die beim Kalk bleibt, und in übergehendes *Benzin* (12 C, 6 H), ein waſserhelles, in der Kälte kryſtalliſirendes flüchtiges Oel. Löſt ſich in 200 kaltem Waſser, leichter in Weingeiſt; verhält ſich gegen Eiſenoxydſalze wie Bernſteinſäure. Mit ihr iſt die *Zimmetsäure* (18 C, 8 H, 4 O) ſehr nahe verwandt.

16) Die *Camphersäure* (10 C, 7 H, 3 O) und die *Korksäure* (8 C, 7 H, 4 O) ſind kryſtalliniſch, ſchmelzbar, verdampfbar, ſehr wenig ſauer, wenig in Waſser, leicht in Weingeiſt löslich.

17) Bei der Verſeifung der Fette entſtehen theils *fixere* Säuren, in der Kälte kryſtalliniſch, fettig anzufühlen, in höherer Temperatur einem fetten Oele gleichend, Lackmus ſchwach röthend, gleich Fetten verbrennend, wenig oder nicht in Waſser, leicht in Weingeiſt und Aether löslich, mit Alkalien ſeifenartige Verbindungen erzeugend; theils *flüchtigere Säuren*, den flüchtigen Oelen an Conſiſtenz und Verdampfbarkeit ähnlich, von durchdringendem Geruch, wenig ſauer, ziemlich gut in Waſser, aber viel beſser in Weingeiſt löslich. Zu den fixeren gehören vorzüglich: *Talgsäure* (35 C, 34½ H, 3½ O), *Margarinsäure* (35 C, 33 H, 4 O) und *Oelsäure* (35 C, 30 H,

$3\frac{1}{2}$ O). Zu den flüchtigern sind zu rechnen: *Delphinsäure* (10 C, 8 H, 4 O), *Buttersäure* (8 C, 6 H, 4 O), *Capronsäure* (12 C, 10 H, 4 O), *Caprinsäure* (18 C, 15 H, 4 O) und einige andere. Diesen flüchtigern Säuren sind nahe verwandt die natürlich vorkommende *Baldriansäure* (10 C, 5 H, 4 O) und die *Ulminsäure* (12 C, 6 H, 4 O).

b) Nicht saure stickstofffreie organische Verbindungen.

1) *Weingeist, Alkohol* (4 C, 6 H, 2 O). Im wasserfreien oder absoluten Zustande eine wasserhelle dünne Flüssigkeit, von 0,791 spec. Gew. bei 20°, selbst bei — 90° nicht gefrierend, unter dem Luftdruck von 0,76 Meter bei 78°,4 siedend, von starkem Geruch und Geschmack. Zerfällt, durch eine glühende Röhre geleitet, fast ganz in ein Gemenge von Kohlenoxyd-, Kohlenwasserstoff- und Wasserstoffgas. Verbrennt mit blasser, nicht ruſsender Flamme, welche, mit Sauerstoffgas angefacht, wie dieses in Marcet's *Gebläse* der Fall ist, einen sehr hohen Hitzegrad zeigt. Gelangt sein mit Luft gemengter Dampf an einen glühenden spiralförmigen feinen Platindraht, so erfolgt an dessen Oberfläche eine langsame Verbrennung, durch welche der Draht glühend erhalten wird und der Weingeist nicht ganz in Wasser und Kohlensäure, sondern zum Theil auch in ein Gemisch von Aldehydsäure und Ameisensäure verwandelt wird (*Lampe ohne Flamme*). Der Weingeist mischt sich mit Wasser nach jedem Verhältnisse, unter geringer Verdichtung und Wärmeentwicklung, erhält dadurch ein gröſseres spec. Gew. und einen höhern Siedepunct, läſst bei starker Kälte einen Theil des Wassers herausgefrieren und läſst sich von ihm durch Destillation für sich nur theilweise befreien, durch Destillation über vielem Chlorcalcium vollständig. Setzt man den in einer Thierblase eingeschlossenen wässerigen Weingeist der warmen Luft aus, so verdunstet durch die Wandungen derselben fast bloſs Wasser und der Weingeist bleibt endlich in entwässertem Zustande zurück. Auch im luftleeren Raume neben gebrannten Kalk gestellt, welcher vorzugsweise die Wasserdämpfe verschluckt, wird der Weingeist entwässert. Der Weingeist absorbirt die Gase in geringerer Menge, als das Wasser, löst sehr wenig Phosphor

Digitized by Google

und Schwefel, sehr viel Iod, mischt sich mit den meisten Säuren, löst Kali, Natron, sehr viele Salze, auch mehrere Schwefel-, Iod-, Brom- und Chlor-Metalle, doch gröſstentheils weniger, als das Wasser; solche Lösungen geben in der Kälte bisweilen Krystalle, welche den Weingeist auf ähnliche Weise gebunden enthalten, wie aus Wasser krystallisirte Stoffe das Krystallwasser.

Mischt man Weingeist mit concentrirter Schwefelsäure, was unter starker Wärmeentwicklung erfolgt, so findet sich im Gemisch auſser unveränderter Schwefelsäure eine eigenthümliche Säure, die *Weinschwefelsäure* (4C, 5H, 1O+2S, 6O), welche mit Wasser einen sauren Syrup darstellt, mit sämmtlichen Salzbasen leicht lösliche Salze erzeugt und bei stärkerem Erhitzen mit Wasser wieder in Weingeist und Schwefelsäure zerfällt. Aehnlich verhält sich die Phosphorsäure.

Beim Erhitzen von Weingeist mit überschüssigem Vitriolöl entwickelt sich vorzüglich ölerzeugendes Gas, *Weinöl* (4C, 4H) und schwefligsaures Gas, unter Verkohlung des Rückstands. Beträgt dagegen das Vitriolöl nicht viel mehr, als der Weingeist, so zerfällt dieser in Aether und Wasser, welche beide übergehn. Der so erhaltene *Aether* oder *Schwefeläther* (4C, 5H, 1O) ist eine sehr dünne, wasserhelle Flüssigkeit von 0,700 spec. Gewicht, nicht leicht gefrierend, bei 35°,7 kochend, von höchst durchdringendem Geruch und Geschmack. Er verbrennt mit lebhafter, nicht leicht ruſsender Flamme, liefert bei der unvollkommenen Verbrennung ähnliche Producte, wie der Weingeist, entflammt sich im Chlorgas, wird durch concentrirte Sapetersäure mit Heftigkeit zersetzt und verhält sich beim Erhitzen mit Vitriolöl auf dieselbe Weise, wie Weingeist mit überschüssigem Vitriolöl. Mit Wasser geschüttelt bildet er eine untere Schicht, welche eine Auflösung von 1 Aether in 10 Wasser, und eine obere, welche Aether ist, der ein wenig Wasser enthält. Er löst den Phosphor und Schwefel etwas reichlicher, als der Weingeist, das Kali und Natron in sehr geringer Menge, und auch die Salze und die Schwefel-, Iod-, Brom- und Chlor-Metalle meistens viel weniger, als der Weingeist. Mit Weingeist mischt er sich nach jedem Verhältnisse.

Leitet man den Aether durch eine glühende Röhre, so entsteht, auſser brennbaren Gasen, vorzüglich das *Aldehyd*

(4 C, 4 H, 2 O), eine wasserhelle Flüssigkeit von 0,790 spec. Gew., bei 21°,5 siedend, von erstickendem Geruch, mit blauer Flamme verbrennend, sich allmälig an der Luft in *Aldehydsäure* (4 C, 4 H, 3 O), dann in Essigsäure verwandelnd, das Silberoxyd in der Wärme reducirend und mit erwärmtem Kali ein braunes Harz erzeugend.

Bei der Destillation des Weingeistes mit Wasserstoffsäuren erhält man häufig solche Aether- oder Naphtha-Arten, welche die Zusammensetzung des Schwefeläthers haben, nur daſs dessen Sauerstoff durch das Radical der Wasserstoffsäure vertreten wird. So die *Salznaphtha* (4 C, 5 H, 1 Cl.), ausgezeichnet durch ihren niedrigen Siedpunct, schon bei 12°, die *Hydrobromnaphtha* (4 C, 5 H, 1 Br.) und die *Hydriodnaphtha* (4 C, 5 H, 1 J), die nicht entzündlich ist und ein spec. Gewicht von 1,92 besitzt.

Mit der Salpetersäure bildet der Weingeist, auſser andern Zersetzungsproducten, die *Salpeternaphtha* (4 C, 5 H, 4 O, 1 N), als Verbindung von Aether mit untersalpetriger Säure zu betrachten, bei 21° siedend. Auch viele organische Säuren, wie Kleesäure, Ameisensäure, Essigsäure, Benzoesäure u. s. w., bilden mit Weingeist, besonders bei Gegenwart von etwas Schwefel oder Salzsäure, Naphthaarten, welche als Verbindungen von Aether mit der organischen Säure, weniger 1 Atom Wasser, betrachtet werden können.

Durch Behandeln des Weingeistes mit überschüssigem Chlor wird derselbe erst in *schwere Salznaphtha*, dann in *Chloral* (4 C, 1 H, 3 Cl, 2 O) verwandelt, gleichsam Aldehyd, in welchem 3 H durch 3 Cl. vertreten sind, eine ölige Flüssigkeit, von 1,5 spec. Gew., bei 94°,4 siedend, mit Wasser ein weiſses krystallisirendes Hydrat bildend und bei der Behandlung mit wässerigen Alkalien in ameisensaures Alkali und in *Chloroform* (2 C, 1 H, 3 Cl.), eine ähnliche ölige Flüssigkeit, zerfallend. Ganz ähnliche Verhältnisse wie das Chlor zeigt das Brom gegen Weingeist.

Durch Destillation von weinschwefelsaurem Baryt mit doppelt-hydrothionsaurem Baryt erhält man das *Mercaptan* (4 C, 6 H, 2 S), also Weingeist, in welchem der Sauerstoff durch Schwefel vertreten ist, eine farblose Flüssigkeit von 0,842 spec. Gewicht, von höchst durchdringend widrigem Geruch. Die *Xanthogensäure* (6 C, 6 H, 2 O, 4 S), ein sehr übelriechendes

Digitized by Google

Oel, welches sich beim Zusammenbringen von Schwefelkohlenstoff mit Weingeist und Kali erzeugt, ist als eine Verbindung von Weingeist und Schwefelkohlenstoff zu betrachten. Das *Alkarsin* (4 C, 6 H, 2 As), also Weingeist, dessen Sauerstoff durch Arsenik vertreten ist, entsteht bei der Destillation von essigsaurem Kali mit arseniger Säure und stellt eine wasserhelle Flüssigkeit von 1,462 spec. Gewicht und höchst widrigem Geruch dar, die bei 150° kocht und sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft rasch entzündet. Durch Abdampfen des Weingeistes mit salzsaurem Platinoxyd erhält man das entzündliche *Chlorplatin* (4 C, 4 H, 2 Cl, 2 Pt), blaſsgelb, sich beim Erhitzen an der Luft entflammend, mit Salmiak und einigen Chlormetallen zu leicht löslichen Krystallen verbindbar.

2) *Holzgeist* (2 C, 4 H, 2 O), im rohen Holzessig enthalten, dem Weingeist ähnlich, von 0,798 spec. Gewicht und 66°,5 Siedpunct, mit blaſsblauer Flamme verbrennend. Erleidet durch Einwirkung verschiedener Stoffe ähnliche Umwandlungen, wie der Weingeist. So entsteht beim Erhitzen mit Vitriolöl unter Wasserbildung der *Methylenäther* (2 C, 3 H, 1 O), der jedoch ein mit blasser Farbe verbrennbares Gas darstellt; beim Erhitzen des Holzgeistes mit Wasserstoffsäuren entstehn Naphtha-Arten, welche 2 C und 3 H auf 1 At. des Säureradicals enthalten, und beim Erhitzen mit *flüchtigen Sauerstoffsäuren* erhält man Verbindungen von Methylenäther mit diesen Säuren. Auſser dem Holzgeist enthält der rohe Holzessig noch eine andere weingeistähnliche Flüssigkeit, das *Lignon* (2 C, 2 H, 1 O)(?) von 0,836 spec. Gew., bei 61°,2 siedend, mit hellerer Flamme verbrennend. Endlich gehört auch noch zu diesen dem Weingeist ähnlichen Flüssigkeiten der *Essiggeist* oder das *Aceton* (3 C, 3 H, 1 O), der bei der trocknen Destillation essigsaurer Salze übergeht, von 0,792 spec. Gewicht, 56° Siedpunct, mit hellerer Flamme verbrennend und mit Säuren wiederum viele eigenthümliche Zersetzungsproducte liefernd.

3) *Flüchtiges oder ätherisches Oel.* Begreift eine sehr groſse Zahl in ihren Eigenschaften vielfach abweichender, vorzüglich im Pflanzenreiche vorkommender Stoffe. Läſst sich nach seinem verschiedenen Schmelzpuncte in flüssiges und in festes flüchtiges Oel eintheilen.

Digitized by Google

a) *Flüssiges flüchtiges Oel, Elaeopten.* Dünnes, meist farbloses Oel, nicht oder nur in der stärksten Kälte zum Gefrieren zu bringen, von 0,627 bis 1,094 spec. Gewicht, zwischen — 18^0 und + 300^0 siedend und gröſstentheils unzersetzt verdampfend, von mannigfachem, durchdringendem Geruche und gewürzhaftem, oft feurigem Geschmacke. Verbrennt mit lebhafter, stark ruſsender Flamme, zersetzt sich an der Luft und durch Salpetersäure, welche eine oft bis zur Entflammung gehende Erhitzung bewirkt, giebt mit Vitriolöl gewöhnlich ein dickes braunes Gemisch unter Entbindung von Wärme und schwefligsaurem Gas. Es bedarf gegen 1000 Theile Wasser zur Lösung, löst Phosphor und Schwefel reichlicher, als der Aether, löst sehr wenige Säuren und Salze und ist leicht in Weingeist, Aether, Holzgeist, Lignon und Aceton löslich. Manche flüchtige Oele halten bloſs Kohlenstoff und Wasserstoff, andere zugleich ein wenig Sauerstoff. Viele, sonst groſse Verschiedenheiten zeigende flüchtige Oele haben dieselbe procentische Zusammensetzung, was auf Isomerie und Polymerie zu beziehn ist.

α) *Brenzliches oder empyrheumatisches Oel.* Meist übelriechend; entsteht beim Einwirken höherer Temperatur auf andere organische Verbindungen, besonders bei der trockenen Destillation. Das hierbei erhaltene Product ist meistens ein Gemisch aus verschiedenen Oelen, deren Scheidung erst in neuerer Zeit zum Theil gelungen ist. Das beim Einwirken der Hitze auf Fette erzeugte und zur Beleuchtung bestimmte Oelgas setzt bei starker Compression ein öliges Gemisch von zwei flüssigen Oelen und einer Campherart ab, wovon das flüchtigere Oel (1 C, 1 H) von allen Oelen das geringste spec. Gewicht, 0,625, und den niedrigsten Siedpunct, zwischen — 18^0 und 0^0, besitzt. Das zwar im Mineralreich vorkommende, aber höchst wahrscheinlich durch unvollkommene Verbrennung von Steinkohle oder andern organischen Resten erzeugte Steinöl (1 C, 1 H) zeigt 0,758 spec. Gew. und darüber und siedet bei 85^0,5 und darüber. Dieselbe Zusammensetzung und ähnliche Eigenschaften besitzen das bei vielen Gelegenheiten entstehende *Eupion* von 0,740 spec. Gew., bei ungefähr 100^0 siedend, schwach, nicht unangenehm riechend, und das bei der Destillation des Wachses gebildete *Wachsöl.* Durch Destillation des Kautschuk erhält man das *Kautschin* (10 C, 8 H). Das *Kreosot* (14 C, 9 H, 2 O), welches sich bei

der trocknen Destillation vieler organischer Körper erzeugt, hat 1,037 spec. Gew., eignet sich wegen starker lichtbrechender Kraft zu optischen Zwecken, siedet bei 203°, riecht stark nach Rauch, schmeckt äuſserst brennend und wirkt sehr scharf. Das *Picamar* ist durch unerträglich bittern Geschmack ausgezeichnet.

β) *Natürlich vorkommendes flüchtiges Oel.* Begreift vorzüglich folgende Gruppen:

Bitterliches Oel. Riecht mehr unangenehm als angenehm, wirkt krampfstillend, ist leichter als Wasser, findet sich vorzüglich in den stinkenden Schleimharzen, den Syngenesisten, dem Baldrian und der Raute.

Süſsliches Oel. Leichter als Wasser, von süſslichem und mild gewürzhaftem Geschmack, vorzüglich in den Schirmpflanzen zu Hause.

Leichtes gewürzhaftes Oel. Leichter als Wasser, von feurigem Geschmacke, sehr verbreitet. Das *Citronenöl, Terpentinöl, Wacholderöl, Sadebaumöl* und das *Oel des Copaivabalsams* haben alle die Zusammensetzung (5 C, 4 H) oder (10 C, 8 H). Andere hierher gehörige Oele halten zugleich etwas Sauerstoff; so ist das *Cajeputöl* (10 C, 9 H, 1 O) und das *Pfeffermünzöl* (12 C, 10 H, 1 O).

Schweres gewürzhaftes Oel. Schwerer als Wasser, von feurigem Geschmacke. Das *Gewürznelkenöl* (20 C, 13 H, 5 O) geht mit Salzbasen salzähnliche Verbindungen ein, eine Eigenschaft, die nur sehr wenigen flüchtigen Oelen zukommt. Das *Zimmetöl* (18 C, 8 H, 2 O) verwandelt sich an der Luft unter Aufnahme von noch 2 O in krystallisirte *Zimmetsäure* (18 C, 8 H, 4 O) und wird als eine Verbindung von *Cinnamyl* (18 C, 7 H, 2 O) mit 1 H betrachtet, während die krystallisirte Zimmetsäure als eine Verbindung von Cinnamyl mit 1 O und 1 Krystallwasser angesehn wird. Auch das von seinem Blausäuregehalte befreite *Bittermandelöl* (14 C, 6 H, 2 O) gehört hierher, welches sich an der Luft in krystallisirte Benzoesäure (14 C, 6 H, 4 O) verwandelt und als eine Verbindung von *Benzoyl* (14 C, 5 H, 2 O) mit 1 H, als *Benzoylwasserstoff* anzusehn ist, während wiederum in der krystallisirten Benzoesäure eine Verbindung von Benzoyl mit 1 At. Sauerstoff und 1 At. Krystallwasser anzunehmen wäre.

Betäubendes Oel. Hierher gehören vorzüglich das *Fuselöl* des Kartoffelbranntweins (5 C, 6 H, 1 O), bei 125° siedend,

Digitized by Google

und die flüchtigen Oele, welchen der Hopfen, der Thee und der Safran ihre narkotische Wirkung verdanken; nur das des Safrans ist schwerer als Wasser.

Scharfes Oel. Schwerer als Wasser, von blasenziehender Wirkung. Das scharfe Princip der Cruciferen und Alliaceen. Scheint wesentlich Stickstoff und Schwefel zu enthalten, da wenigstens das Senföl hält: (4 N, 32 C, 20 H, 5 O, 5 S).

b) *Festes flüchtiges Oel, Campher, Stearopten.*

Dem flüssigen flüchtigen Oel in den meisten Beziehungen sehr ähnlich, jedoch bei gewöhnlicher Temperatur fest, in der Wärme zu einem Oel schmelzend, auch von höherem Siedpuncte und meistens von geringerem Geruch und Geschmack. Findet sich häufig im flüssigen Oel gelöst und krystallisirt in der Kälte heraus. Bildet sich auch bisweilen bei der trocknen Destillation.

Scharfe Campherarten: *Anemonencampher*, das scharfe Princip der Anemonen; *Haselwurzcampher* (16 C, 11 H, 4 O) in der Haselwurz; *Alantcampher* in der Alantwurzel.

Gewürzhafte Campherarten: Anis- und Fenchelcampher (10 C, 6 H, 1 O), aus dem Anis- und Fenchelöl krystallisirend; *Rosencampher* (1 C, 1 H) im Rosenöl.

Terpentincampher (10 C, 10 H, 2 O), sich im Terpentinöl durch Wasseraufnahme erzeugend; *Pfeffermünzcampher* (10 C, 10 H, 1 O) im Pfeffermünzöl; *Cubebencampher* (16 C, 14 H, 1 O) im Cubebenöl; *Tonka-Campher* oder *Cumarin* (10 C, 3 H, 2 O), das wohlriechende Princip der Tonkabohne; *gemeiner Campher* (10 C, 8 H, 1 O) vom Campherbaum; *Nelkencampher* (20 C, 12 H, 4 O), aus dem Nelkenöl krystallisirend; *Naphthalin* (5 C, 2 H), beim Einwirken der Glühhitze auf mehrere organische Körper, besonders auf Steinkohle, erzeugt, und viele andere. Die bekannteste von diesen Campherarten ist der gemeine Campher, welcher in regelmäſsigen Oktaedern von 0,9887 spec. Gew. anschieſst, bei 175° schmilzt, bei 204° siedet, durch erhitzte Salpetersäure in Camphersäure zersetzt wird, sich in 1000 Theilen Wasser löst, sich mit Phosphor und Schwefel zusammenschmelzen läſst, sehr reichlich von kalter concentrirter Schwefel-, Salz-, Salpeter- und

Digitized by Google

Essigsäure gelöst wird, daraus durch Wasser fällbar und auch sehr leicht in Weingeist (zu *Camphergeist*), Aether und flüchtigen und fetten Oelen löslich ist.

4) *Fett.* Farblos, im festen Zustande meist krystallinisch und fettig anzufühlen, leichter als Wasser, zwischen — 20 und + 175° zu einem farblosen Oele schmelzend, erst über 300° siedend und sich dabei mehr oder weniger zersetzend, geruchlos und geschmacklos, mit lebhafter, wenig ruſsender Flamme verbrennbar, durch Salpetersäure und Schwefelsäure zersetzbar, nicht in Wasser, wässerigen Säuren und wässerigen Alkalien löslich, dagegen in Schwefelkohlenstoff, Weingeist, Aether und flüchtigen Oelen, und mit Phosphor und Schwefel verbindbar. Bleibt entweder auch bei längerem Kochen mit wäſsrigen Alkalien unverändert und ungelöst, *unverseifbares* Fett, oder wird durch dieselben zersetzt und liefert eine Seife, *verseifbares* Fett.

a) *Unverseifbares Fett.* Den Campherarten verwandt, aber durch Mangel an Geruch und Geschmack und durch Unlöslichkeit im Wasser davon abweichend. Hierher gehören unter andern: *Ambrafett*, in der grauen Ambra, bei 30° schmelzend; *Paraffin* (1 C, 1 H), durch trockne Destillation erzeugt, bei 44° schmelzend; *Aethal* (32 C, 34 H, 2 O), bei 48° schmelzend, durch Destillation mit Phosphorsäure, welche Wasser entzieht, in *Ceten* (32 C, 32 H), ein vollständig verdampfbares Oel, zu verwandeln; *Myricin* (18 C, 19 H, 1 O), den kleineren Theil des Bienenwachses bildend, bei ungefähr 60° schmelzbar; *Cerain*, ebenfalls (18 C, 19 H, 1 O), bei der Verseifung des Cerins entstehend, über 70° schmelzend; *Gallenfett* (36 C, 30 H, 1 O), vorzüglich in der Galle und den Gallensteinen, bei 137° schmelzend.

b) *Verseifbares Fett.* Zerfällt in Berührung mit Wasser und einer stärkeren Salzbasis, besonders einem Alkali, einerseits in eine oder mehrere Säuren, die sich mit der Salzbasis zu meist seifen- und pflasterartigen Salzen vereinigen, andrerseits entweder in einen süſsen Syrup, das *Glycerin*, oder in ein nicht verseifbares Fett, wie *Aethal* und *Cerain*. Kann betrachtet werden als eine den Naphthaarten ähnliche Verbindung jener bei der Verseifung zum Vorschein kommenden Producte, weniger einer gewissen Menge von Wasser. So kann man das Talgfett ansehn als eine Verbindung von 4 Atomen

Digitized by Google

Talgsäure mit 2 At. Glycerin weniger 3 At. Wasser, denn 4 At. Talgsäure = 4 (35 C, $34\frac{1}{2}$ H, $3\frac{1}{2}$ O) mit 2 At. Glycerin = 2 (3 C, 4 H, 3 O) geben (146 C, 146 H, 20 O), und zieht man hiervon 3 At. Wasserstoff und Sauerstoff ab, so bleiben (146 C, 143 H, 17 O), welches die Zusammensetzung des Talgfettes ist. Nach den bei der Saponification erhaltenen Producten lassen sich die verseifbaren Fette folgendermaſsen eintheilen.

α) Fett, bei dessen Verseifung eine flüchtigere Säure entsteht. Von Oelconsistenz, leichter in Weingeist löslich, als die übrigen Fette, sich an der Luft allmälig zersetzend und dabei den Geruch der Säure entwickelnd, die auch bei der Verseifung erhalten wird. Hierher gehört unter andern das *Delphinfett*, im Delphinöl enthalten, und das *Butterfett*, in kleiner Menge in der Butter enthalten und ihr den Buttergeruch ertheilend.

β) Fett, bei dessen Verseifung eine fixere Säure entsteht.

Trockenfett oder *trocknendes fettes Oel.* Constituirt fast gänzlich das Leinöl, Mohnöl, Hanföl, Nuſsöl u. a. Gefriert nur in sehr starker Kälte, trocknet an der Luft in dünnen Lagen aus; wird durch rauchende Salpetersäure entflammt; liefert bei der Verseifung Glycerin und eine der Oelsäure verwandte Säure.

Oelfett oder *schmieriges fettes Oel.* Hauptbestandtheil des Olivenöls, Rüböls, Mandelöls und der meisten übrigen Pflanzenöle, des Thrans, Eieröls u. s. w.; Nebenbestandtheil des Schmalzes und Talgs. Gesteht bei geringerer Kälte, als das Trockenfett, bleibt an der Luft schmierig; liefert bei der Saponification Glycerin und Oelsäure.

Talgfett. Bildet mit mehr oder weniger Oelfett die meisten Butter-, Schmalz- und Talgarten und läſst sich durch starkes Pressen, so wie durch Behandlung mit Weingeist und Aether vom Oelfett befreien. Krystallisirt in feinen Nadeln, schmilzt ungefähr bei 60° und gesteht beim Erkalten zu einer festen, spröden, wenig fetten Substanz. Zerfällt bei der Verseifung in Glycerin und Talgsäure.

Margarinfett. Findet sich in verschiedenen Pflanzenölen, wie Baumöl, gelöst und krystallisirt in der Kälte heraus, vertritt in den thierischen Schmalz- und Talgarten häufig das

Talgfett oder kommt neben ihm vor. Gleicht dem Talgfett, schmilzt bei 40° und liefert mit Alkalien Glycerin und Margarinsäure.

Cerin. Bildet mit wenig Myricin das Bienenwachs, wachsartig, schmilzt bei 62°, löst sich leichter in Weingeist, als das Myricin, und liefert bei der Verseifung Cerain und Margarinsäure.

Wallrathfett. Constituirt, neben wenig Oelfett, den Wallrath. Krystallisirt blättrig, schmilzt bei 49°, verseift sich nur bei anhaltendem Kochen mit Kali, wobei Aethal, Margarinsäure und Oelsäure entstehn.

5) *Harz.* Entsteht zum Theil durch Oxydation der flüchtigen Oele an der Luft. So geht das Terpentinöl (10 C, 8 H) in Colophonium (10 C, 8 H, 1 O) über. Meistens schwerer als Wasser, farblos oder braun, zu dicklicher Flüssigkeit schmelzbar, nicht oder nur theilweise unzersetzt verdampfbar, geruchlos, theils bitterlich, theils scharf schmeckend, zum Theil Lackmus röthend. Verbrennt mit lebhafter, stark ruſsender Flamme. Löst sich nicht in Wasser, wenig oder gar nicht in verdünnten Säuren. Oft von schwach saurer Natur und dann in Alkalien löslich, zu *Harzseifen* und auch mit andern Salzbasen zu salzartigen Verbindungen vereinbar. Gröſstentheils in Weingeist, Aether, flüchtigen und fetten Oelen löslich, zu welchen Lösungen die Weingeist- und Oelfirnisse gehören.

a) *Hartharz.* Fest, spröde, selten krystallinisch, schwerer als Wasser, theils leicht in Weingeist löslich und nicht scharf, wie Colophonium, Mastix, Sandarach, Schellack; theils leicht in Weingeist löslich und scharf, wie das Harz der Euphorbia-Arten, des Seidelbastes, der Jalappe, des Guajaks; theils sehr wenig in Weingeist löslich, wie Copal, Bernstein (ihrem Hauptbestandtheile nach) und Asphalt.

b) *Weichharz.* Von schmieriger Consistenz, theils leicht in Weingeist löslich und dabei meistens scharf, wie das Weichharz des Pfeffers u. s. w.; theils nicht in Weingeist löslich und nicht scharf, wie der aus der Mistel und der Stechpalme zu gewinnende *Vogelleim.*

c) *Federharz*, *Kautschuk.* Weich, elastisch, nicht schmierig, leichter als Wasser, wird durch Schmelzen in eine theerartige Masse verwandelt, erweicht sich ein wenig im Wasser, löst sich nicht in wässerigen Alkalien und Weingeist,

Digitized by Google

schwillt in Aether und flüchtigen und fetten Oelen bedeutend auf und bildet damit eine dickliche Lösung.

6) *Harziger Farbstoff.* Von theils lebhafter, theils dunkler Farbe, bald spröde, wie Hartharz, bald schmierig, wie Weichharz; meistens schmelzbar. Wird durch stärkere Hitze zerstört und an Luft und Licht, so wie durch Chlor gebleicht. Löst sich nicht oder sehr wenig in Wasser, dagegen meistens leicht in wässerigen Alkalien, Weingeist, Aether und Oelen. Die Auflösungen zeigen lebhafte Färbung. Zum harzigen Farbstoffe gehört u. a.: das *Blattgrün* oder *Chlorophyll*, eine schwarzgrüne schmierige Masse, welcher die grünen Pflanzentheile ihre Farbe verdanken; der gelbe Farbstoff der Curcuma-Wurzel, welcher mit Alkalien rothe Verbindungen eingeht, des Gummigutts, Orleans und der gelben Seide, und der rothe Farbstoff der gekochten Krebse, des rothen Sandelholzes, des Safflors und der unächten Alkannawurzel.

7) *Extractiver Farbstoff.* Oft krystallisirt, theils lebhaft, theils dunkel gefärbt, zum Theil sublimirbar, durch Licht und Luft, Chlor und Salpetersäure verschieden leicht zerstörbar, in Wasser und Weingeist ungefähr gleich gut löslich, meistens nicht in Aether und Oelen. Die Farbe seiner Auflösungen zeigt oft auffallende und entgegengesetzte Abänderungen bei Zusatz von Säuren oder Alkalien; so wird der violette wässerige Aufguſs der Veilchen und anderer blauer Blumen durch Säuren roth und durch Alkalien grün, und der karmesinrothe Aufguſs der Cochenille färbt sich mit Säuren gelbroth, mit Alkalien violett. Fügt man zu der wässerigen Auflösung des Farbstoffes Alaun und etwas Alkali, so reiſst die gefüllte Alaunerde den Farbstoff mit sich nieder, eine lebhaft gefärbte Verbindung erzeugend; die meisten *Farblacke* sind solche Verbindungen von Alaunerde mit Farbstoff. Zu dem gelben extractiven Farbstoffe gehört u. a. das Gelb der Quercitronrinde, des Gelbholzes, Waus, Safrans, die jedoch hinsichtlich der Haltbarkeit und anderer Verhältnisse die gröſsten Verschiedenheiten zeigen. Zu dem rothen gehört das *Krapproth* und der *Krapppurpur*, von welchen vorzüglich das erstere, welches krystallisirbar und sublimirbar ist, die schönsten und dauerhaftesten rothen Farben liefert; das *Coccusroth* oder *Carminium*, in der Cochenille und andern

Digitized by Google

Coccusarten zu Hause, in feinen rothen Krystallen zu erhalten, mit wenig Alaunerde oder Zinnoxyd den Carmin bildend; das *Roth des Fernambuks*, welches ähnliche, aber weniger dauerhafte Farben liefert, das *Hämatin* oder der Farbstoff des Blauholzes, in kleinen gelbrothen Krystallschuppen sich darstellend, mehr ins Violette sich neigende, leicht zerstörbare Farben liefernd; das *Flechtenroth*, welches sich aus dem in den Flechten enthaltenen farblosen *Erythrin* beim Zusammenstellen derselben mit wässerigem Ammoniak an der Luft erzeugt und in der *Orseille* in einem violetten, im *Lackmus* in einem mehr blauen Zustande enthalten ist. Endlich findet sich ein sehr leicht zerstörbarer, durch Säuren sich röthender, durch Alkalien grünender violetter Farbstoff in vielen blauen, violetten, desgleichen, durch vorhandene Säuren geröthet, auch in rothen Blumen, Beeren, Blättern und Wurzeln, wie in Veilchen, Rosen, Heidelbeeren, schwarzen Trauben, Kirschen, rothen Rüben, Kohl u. s. w.

8) *Gerbstoff.* In allen adstringirend schmeckenden Pflanzentheilen. Farblos, von herbem Geschmack, Lackmus röthend. Bewirkt mit Eisenoxydsalzen theils eine blauschwarze Färbung und Fällung, theils eine olivengrüne, die allmälig in Braun übergeht, und wird hiernach in eisenbläuenden und eisengrünenden eingetheilt.

a) *Eisenbläuender Gerbstoff*, *Eichengerbsäure* (18C, 8H, 12O). Vorzüglich reichlich in den Galläpfeln enthalten, durchsichtig, nicht krystallinisch, spröde. Er verbrennt mit lebhafter Flamme, wird durch Chlor, Salpetersäure und Vitriolöl zerstört, verwandelt sich, in wässeriger Lösung der Luft dargeboten, in Kohlensäure, Gallussäure und eine braune, wenig lösliche Materie, den oxydirten Gerbstoff, löst sich leicht in Wasser und Weingeist, schwierig in Aether. Wird aus seiner wässerigen Lösung durch Schwefelsäure und Salzsäure als eine harzartige Materie gefällt. Geht Verbindungen mit Salzbasen ein, fällt viele schwere Metalloxyde und ihre Auflösung in Säuren mit oft ausgezeichneter Farbe und bildet namentlich mit Eisenoxyd eine blauschwarze Verbindung, welche das schwarze Princip der *Tinte* und der schwarzgefärbten Zeuge ausmacht. Fällt die wässerige Lösung der meisten organischen Salzbasen und ihrer Salze und bildet mit Thierleim,

Eiweiſsstoff und den damit verwandten Stoffen in Wasser und Weingeist unauflösliche Niederschläge.

b) *Eisengrünender Gerbstoff*, bis jetzt vorzüglich aus dem Katechu als *Katechusäure* (15C, 6H, 6O) in reiner Gestalt dargestellt, bei der es jedoch auffallend ist, daſs sie den Thierleim nicht fällt.

9) *Stickstofffreie bittre und narkotische, den organischen Salzbasen ähnliche Principien.* Farblos, krystallisirbar, ohne Wirkung auf Pflanzenfarben, meistens weniger in Wasser als in Weingeist löslich, mit den Säuren keine salzartigen Verbindungen liefernd.

a) *Bittere: Salicin* (8C, 5H, 4O), das bittere Princip der Weidenrinde, in geraden rhombischen Säulen krystallisirend, sehr bitter, in ungefähr 18 kaltem Wasser oder Weingeist, reichlicher in wässeriger Salz- und Essigsäure und Alkalien löslich. *Phlorizin* (8C, 5H, 4O), in der Wurzelrinde des Apfelbaumes, seidenglänzende bittre Nadeln, in 1000 Wasser, leichter in Säuren und Weingeist löslich. *Quassin* (10C, 6H, 3O), im Quassiaholze, unerträglich bittere Säulen, in 222 Wasser, wenig in Aether, reichlicher in wässerigen Säuren und Alkalien, sehr reichlich in Weingeist löslich. *Columbin* (14C, 7H, 2O), in der Columbowurzel, gerade rhombische Säulen, wie Wachs schmelzend, äuſserst bitter, wenig in Wasser, leichter in Essigsäure, Weingeist und Aether löslich.

b) *Narkotische: Pikrotoxin* (10C, 6H, 4O), in den Cockelskörnern, nadelförmig, sehr bitter und narkotisch, löst sich wenig in Wasser, leichter in wässerigen Säuren und Alkalien, so wie in Weingeist und Aether. *Meconin* (10C, 5H, 4O), im Opium, gerade rhombische und sechsseitige Säulen; bei 90° schmelzend, unzersetzt destillirbar, von scharfem Geschmack, in 266 kaltem Wasser, leichter in Säuren, Alkalien, Weingeist und Aether löslich. *Anthiarin* (14C, 10H, 5O), im Anthiarupas; glänzende Blättchen, bei 220° schmelzend, von furchtbarer narkotischer Wirkung.

10) *Stickstofffreie süſse Verbindungen.*

Glycyrrhizin, in der Süſsholzwurzel; gelb, durchsichtig, harzähnlich, nicht krystallinisch, nicht der Weingährung fähig, leicht in Wasser und Weingeist löslich, aus ersterem durch Säuren und schwere Metallsalze fällbar. *Glycerin* (3C,

4H, 3O), bei der Verseifung der Fette entstehend; farbloser, sehr süſser Syrup, nicht der Weingährung fähig. *Schleimzucker*, in mehreren Pflanzensäften und im Honig; farbloser, sehr süſser Syrup, der Weingährung fähig, sehr leicht in Wasser und Weingeist löslich. *Krümelzucker* (12 C, 14 H, 14 O), in vielen Pflanzensäften, wie Trauben und andern Obstarten, im Honig und diabetischen Harn, auch aus Stärkmehl, Holzfaser u. s. w. zu erzeugen; undurchsichtige, aus feinen Nadeln bestehende Körnchen, weniger süſs, als gemeiner Zucker; der Weingährung fähig, leicht in Wasser, wenig in Weingeist löslich. *Gemeiner Zucker* (12 C, 11 H, 11 O), im Zuckerrohr, Ahornsaft, der Runkelrübe u. s. w.; wasserhelle *schiefe* rhombische Säulen, der Weingährung fähig, leicht in Wasser, wenig in Weingeist löslich. *Milchzucker* (12 C, 10 H, 10 O), in der Milch; vierseitige Säulen von schwach süſsem Geschmacke, geht nur schwierig in Weingährung über, braucht 6 kaltes Wasser zur Lösung und ist in Weingeist ganz unlöslich. *Mannazucker* (12 C, 14 H, 12 O), in der Manna; feine Nadeln von schwach süſsem Geschmack, der Weingährung unfähig, in 5 kaltem Wasser, sehr wenig in kaltem, reichlich in heiſsem Weingeiste löslich.

11) *Pflanzenschleim.* Geschmacklos, bildet mit kaltem Wasser eine dickliche Verbindung, löst sich nicht in Weingeist.

Gewöhnliches Gummi, löst sich in Wasser zu einer schleimigen *Flüssigkeit* auf; hierher gehört vorzüglich das arabische Gummi (12 C, 11 H, 11 O). *Bassorin*, besonders im Traganthgummi enthalten, quillt in Wasser zu einer voluminösen Gallerte auf, ohne sich zu lösen. *Pektinsäure*, dem Bassorin ähnlich, doch leicht in wässerigen Alkalien löslich, daraus durch Säuren als eine Gallerte ausscheidbar und sich wie eine sehr schwache Säure verhaltend.

12) *Stärkmehl.* Geschmacklos, in kaltem Wasser fast unlöslich, mit heiſsem eine dickliche Verbindung bildend, unlöslich in Weingeist, wird durch Kochen mit sehr verdünnter Schwefelsäure erst in Gummi, dann in Krümelzucker verwandelt. *Gemeines Stärkmehl* (12 C, 10 H, 10 O), sehr verbreitet in den Pflanzen, besonders in ihren Samen und Knollen; weiſse, unregelmäſsige Körnchen, aus concentrischen Schichten bestehend, bildet mit kochendem Wasser einen

Digitized by Google

Kleister und mit Iod bei Gegenwart von Wasser eine dunkelviolette Verbindung. *Flechtenstärkmehl*, im isländischen Moos und andern Flechten; hornartig, spröde, löst sich in kochendem Wasser zu einer dicklichen Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer Gallerte gesteht, färbt sich mit Iod grünbraun. *Inulin*, vorzüglich in der Wurzel einiger Syngenesisten; giebt mit kochendem Wasser eine dünnschleimige Lösung, aus der es beim Erkalten in weiſsen Körnchen niederfällt; färbt sich mit Iod grünlichgelb.

13) *Humin*, *Moder*, *Humussäure* (12 C, 6 H, 6 O). Entsteht vorzüglich bei der Verwesung des Holzes und anderer organischer Stoffe, findet sich daher in der Dammerde, dem Torf, der Braunkohle u. s. w. Braunschwarze, glänzende, spröde Masse, ein braunes Pulver liefernd, nicht schmelzbar, sehr wenig in Wasser und Weingeist, reichlich mit dunkelbrauner Farbe in wässerigen Alkalien löslich und mit ihnen und andern Salzbasen salzartige Verbindungen bildend.

B. Stickstoffhaltende organische Verbindungen.

a) Stickstoffhaltende organische Säuren. Von sehr schwach saurem Charakter.

Auſser der *Allantoissäure* (2 N, 4 C, 3 H, 3 O), der *Cholsäure* und wenigen andern gehört hierher vorzüglich die *Harnsäure* (4 N, 10 C, 4 H, 6 O), im Harn der meisten Thiere und in vielen Harnsteinen. Weiſse, glänzende Krystallschuppen, geschmacklos, Lackmus kaum röthend; liefert beim Erhitzen für sich und bei der Behandlung mit andern Stoffen von allen organischen Verbindungen die mannigfaltigsten und merkwürdigsten Zersetzungsproducte und ist besonders dadurch charakterisirt, daſs sie mit Salpetersäure zur Trockne abgedampft einen purpurrothen Rückstand läſst. Löst sich höchst wenig in Wasser, nicht in Weingeist, leicht in wässerigem Kali und Natron.

b) Organische Salzbasen, Alkaloide. Oelig oder krystallisirt, oft alkalisch reagirend, meistens von auffallender medicinischer Wirkung. Lösen sich meistens besser in Weingeist, als in Wasser. Vereinigen sich mit Säuren, die sie zum

Digitized by Google

Theil sogar neutraliſiren, zu oft kryſtalliſirbaren ſalzigen Verbindungen.

α) Oelige Alkaloide. Oelig, unzerſetzt verdampfbar. Hierher gehören vorzüglich: *Nicotin*, das Wirkſame des Tabaks; waſſerhelles Oel, ſchwerer als Waſſer, bei 240° ſiedend, Curcuma röthend, von ſtarkem Geruch und heftiger, ſcharf narkotiſcher Wirkung; miſcht ſich mit Waſſer, Weingeiſt und Aether nach allen Verhältniſſen und neutraliſirt die Säuren. *Coniin* (1N, 12C, 14H, 1O), das giftige Princip des Schierlings; ein waſſerhelles Oel, von 0,890 ſpec. Gew., bei 187° ſiedend, Curcuma röthend, von durchdringendem Geruch, widrig ſcharfem Geſchmack und äuſserſt giftiger, ſcharf narkotiſcher Wirkung. Nimmt beim Schütteln mit Waſſer, welches bloſs $\frac{1}{100}$ Coniin löſt, ein wenig Waſſer in ſich auf und erhält dadurch die merkwürdige Eigenſchaft, ſich beim Erwärmen zu trüben, beim Erkalten wieder zu klären, weil ſich in der Wärme das aufgenommene Waſſer ausſcheidet und in der Kälte wieder löſt. Neutraliſirt die Säuren, miſcht ſich leicht mit Weingeiſt, Aether und Oelen.

β) Kryſtalliniſche Alkaloide. Farbloſe Kryſtalle, nicht oder nur theilweiſe unzerſetzt verdampfbar, theils von rein bitterer, theils von narkotiſcher, theils von ſcharfer Wirkung.

Zu den *bittern* gehören vorzüglich: *Chinin* (1N, 20C, 12H, 2O) und *Cinchonin* (1N, 20C, 11H, 1O), die zwei wirkſamen Stoffe der Chinarinden, ſehr bitter, ſchwach alkaliſch reagirend, ſehr wenig in Waſſer löslich, die Säuren neutraliſirend und damit viele kryſtalliſirbare Salze erzeugend. Die Salze des Chinins ſind weniger löslich, als die des Cinchonins, dagegen löſt ſich das Chinin viel leichter in Weingeiſt, als das Cinchonin, und iſt auch in Aether löslich, der das Cinchonin nicht aufnimmt. *Aricin* (1N, 20C, 12H, 3O), in der Cusco-China, bitter und herbe, nicht in Waſſer, leicht in Weingeiſt und auch in Aether löslich.

Zu den *narkotiſchen* gehören u. a. *Atropin* (1N, 34C, 28H, 6O), in der Belladonna; zarte Nadeln, leicht ſchmelzbar, alkaliſch reagirend, geruchlos, widrig, bitter, äuſserſt giftig, die Pupille ſtark erweiternd, leicht zerſetzbar. *Hyoscyamin*, im Bilſenkraut, von ähnlichen Eigenſchaften, jedoch von widrig beiſsendem Geſchmack. *Daturin*, im Stechapfel,

Digitized by Google

verhält sich ähnlich, schmeckt bitter und scharf. Im Opium sind 5 Alkaloide entdeckt worden, welche alle narkotisch zu wirken scheinen, nämlich: *Morphium* (1 N, 34 C, 20 H, 8 O), *Narkotin* oder *Opian* (1 N, 40 C, 20 H, 12 O), *Codein* (1 N, 31 C, 20 H, 5 O), *Thebain* (1 N, 25 C, 14 H, 4 O), *Narcein* (1 N, 28 C, 20 H, 12 O). Von ihnen das wichtigste wegen seiner Menge und Wirksamkeit ist das Morphium, welches in geraden rhombischen Säulen krystallisirt, leicht schmelzbar ist, bitter schmeckt, Curcuma röthet, durch Salpetersäure geröthet, durch salzsaures Eisenoxyd gebläut wird, die Säuren völlig neutralisirt und leicht in wässerigem Ammoniak und Kali, aber nicht in Aether löslich ist. Die giftige Wirkung der von *Strychnos*-Arten erhaltenen Substanzen, namentlich der Ignazbohne, der Krähenaugen, des Schlangenholzes, der falschen Angusturarinde und des Tieute-Upas sind von ihrem Gehalte an *Strychnin* (1 N, 30 C, 16 H, 3 O) und *Brucin* (1 N, 32 C, 18 H, 6 O) abzuleiten. Ersteres krystallisirt in regelmäſsigen Oktaedern und übertrifft vielleicht alle Alkaloide an bitterem Geschmack und narkotischer, Starrkrampf erregender Wirkung. Ob das in seidenglänzenden Nadeln krystallisirende *Coffein* (1 N, 4 C, 2½ H, 1 O), was nicht bloſs im Kaffee, sondern auch im Thee als *Thein* und im Guarana als *Guaranin* aufgefunden ist und weder alkalisch reagirt, noch die Säuren neutralisirt, schwach narkotisch wirke, ist unentschieden. Dasselbe gilt vom *Amygdalin* (1 N, 40 C, 31 H, 26 O), welches aus den bittern Mandeln erhalten wird und beim Erhitzen mit Alkalien in Ammoniak und Amygdalinsäure, beim Zusammenstellen mit Emulsin und Wasser in Blausäure, Bittermandelöl, Zucker und vielleicht auch Ameisensäure zerfällt.

Zu den *scharfen Alkaloiden* gehören u. a.: *Delphinin* (1 N, 27 C, 14 H, 2 O) in den Stephanskörnern. *Veratrin* (1 N, 34 C, 21½ H, 6 O) in der weiſsen Nieſswurz. *Colchicin* in der Zeitlose. *Emetin* (1 N, 30 C, 24 H, 8 O) in der Ipecacuanha. *Piperin* (1 N, 40 C, 22 H, 8 O) im schwarzen Pfeffer, von wenig basischer Natur. *Asparagin* (2 N, 8 C, 8 H, 6 O) in den Spargeln, der Eibischwurzel u. s. w.; ebenfalls wenig basisch, bei der Behandlung mit Alkalien in Ammoniak und in *Asparagsäure* (1 N, 8 C, 5 H, 6 O) zerfallend.

An die hier aufgeführten Alkaloide des Pflanzenreichs

Digitized by Google

schlieſsen sich folgende thierische Stoffe an: *Harnstoff* (1 N, 1 C, 2 H, 1 O), der wichtigste Bestandtheil des Harns der Säugethiere; wasserhelle vierseitige Säulen, geruchlos, von kühlend scharfem Geschmacke, beim Erhitzen in Ammoniak und zurückbleibende Cyanursäure, und bei Berührung mit Wasser und Thierschleim oder andern thierischen Stoffen in kohlensaures Ammoniak zerfallend, leicht in Wasser und Weingeist löslich, mit Salpeter-, Klee- und Weinsäure schwer lösliche, krystallisirbare Verbindungen erzeugend. *Taurin* (1 N, 4 C, 7 H, 10 O) in der Ochsengalle, wasserhelle gerade rhombische Säulen, von frischem Geschmack, nicht durch Salpetersäure zersetzbar, in 15 kaltem Wasser, sehr wenig in Weingeist löslich. *Blasenoxyd* (2 N, 5 C, 2 H, 2 O), selten in Harnsteinen varkommend; spitze quadratische Oktaeder, kaum in Wasser und Weingeist, leicht in Säuren zu salzartigen Verbindungen löslich.

c') Indifferente stickstoffhaltende Verbindungen. Weder durch saure oder alkalische Reaction, noch durch medicinische Wirkung, noch durch Färbung ausgezeichnet.

α) *Süſse.* *Gallensüſs* oder *Pikromel*, Hauptbestandtheil der Galle, krystallisirt in undurchsichtigen Körnchen, sehr süſs, leicht in Wasser und Weingeist löslich. *Leimsüſs*, beim Einwirken des Vitriolöls auf Leim entstehend, in wasserhellen Tafeln von süſsem Geschmack anschieſsend, wenig in Wasser, nicht in Weingeist löslich.

β) *Scharſschmeckende.* Das *Osmazom*, welches in den meisten festen und flüssigen Theilen der Thiere in kleiner Menge vorkommt und der Fleischbrühe ihren gewürzhaften Geruch und Geschmack ertheilt, iſt in unreinem Zustande als ein braunes, sehr leicht in Wasser und Weingeist lösliches, durch Gerbstoff fällbares Extract erhalten.

γ) *Geschmacklose.* Hierher gehören die wichtigsten Nahrungsstoffe, unkrystallisirbar, farblos oder gelblich, durchscheinend, spröde, elastisch, hornähnlich. *Speichelstoff*, im Speichel, Blut u. s. w., leicht in Wasser, nicht in Weingeist löslich, durch Gerbstoff nicht fällbar. *Thierleim* oder *Gallerte*, bildet viele thierische Gewebe, wie Lederhaut, seröse Häute, Sehnen, Ligamente, Knorpel und, neben Kalksalzen, Knochen; wenigstens bilden sie alle, nachdem man sie durch Waschen mit kaltem Wasser von fremdartigen Stoffen befreit

Digitized by Google

hat, bei längerem Kochen mit Wasser eine Leimauflösung. Der Leim quillt in kaltem Wasser zu einer Gallerte auf, ohne sich bedeutend zu lösen, giebt mit heiſsem Wasser eine Auflösung, die beim Erkalten zu Gallerte gesteht, löst sich nicht in Weingeist, wird durch ein Gemisch von Alaun und Kochsalz, durch schwefelsaures Eisenoxyd und einige andere schwere Metallsalze und durch Gerbstoff gefällt; das lohgegerbte Leder ist als eine Verbindung von Gerbstoff mit der leimartigen Substanz zu betrachten, die die Lederhaut bildet. Der *Knorpelleim* oder das *Chondrin* unterscheidet sich vom gewöhnlichen Leim vorzüglich dadurch, daſs er durch Essigsäure fällbar ist. *Eiweiſsstoff* findet sich im Eiweiſs, Eigelb, Blutwasser, Chylus und vielen andern thierischen Theilen. Löst sich leicht in kaltem Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit, nicht in Weingeist, wird durch Schwefel-, Salz- und Salpetersäure, durch viele schwere Metallsalze und durch Gerbstoff gefällt; er gerinnt noch unter der Siedhitze, d. h. er geht in eine nicht mehr in Wasser lösliche Materie, den *geronnenen Eiweiſsstoff*, über. Die Ursache dieser Veränderung ist nicht genau bekannt. Thierische Stoffe, die sich dem geronnenen Eiweiſsstoff ähnlich verhalten, sind: der *Faserstoff*, der gröſstentheils die Muskeln und, neben Blutroth, den Blutkuchen bildet, der *Thierschleim*, welcher den wichtigsten Bestandtheil in den Secreten der Schleimmembranen ausmacht, und die *Hornsubstanz*, aus welcher Oberhaut, Haare, Federn, Nägel, Klauen, Hufe, Hörner, Schildpatt u. s. w. bestehn. *Kässtoff*, vorzüglich in der Milch enthalten; gerinnt nicht durch Siedhitze, dagegen durch Essigsäure, löst sich ein wenig in kochendem Weingeist und unterscheidet sich durch diese drei Verhältnisse vom Eiweiſsstoff, dem er übrigens sehr ähnlich ist.

Das Pflanzenreich liefert folgende, dem Kässtoff und Eiweiſsstoff ähnliche Principien. *Emulsin* oder *Pflanzeneiweiſs*, in vielen Samen, wie Mandeln, und in den meisten Pflanzensäften; löst sich leicht in Wasser, ist sowohl durch Siedhitze als auch durch Essigsäure gerinnbar und löst sich nicht in Weingeist. *Gliadin* und *Kleber*. Beim Auswaschen von Getreidemehl mit Wasser bleibt ein Gemisch dieser beiden Stoffe, durch heiſsen Weingeist, der das Gliadin löst, scheidbar. Das Gliadin löst sich nicht in Wasser, aber in wässerigen Säuren und ein wenig in

Digitized by Google

Weingeist. Der Kleber löst sich nicht in Wasser und Weingeist, aber in wässerigen Säuren. Er hat die Eigenschaft, Stärkmehl, mit dem er unter Zusatz von Wasser digerirt wird, in Zucker zu verwandeln. Diese Kraft wird noch sehr vermehrt, wenn der Samen, in welchem sich der Kleber befindet, zu keimen angefangen hat, wobei der Kleber eine kleine Umänderung erleidet und sich in den *gekeimten Kleber* oder in das *Diastas* verwandelt, welches groſse Mengen von Stärkmehl in Zucker überzuführen vermag. Dieses Verhalten ist wichtig für die Lehre des Keimens und der Bier- und Fruchtbranntweinbereitung, wo in dem Maischprocesse das Diastas des Malzes beim Digeriren mit Wasser das dargebotene Stärkmehl in Zucker verwandelt und sich selbst in der süſsen Flüssigkeit löst; geht nun diese in Weingährung über, so erleidet das aufgelöste Diastas eine neue Veränderung, und scheidet sich als *Hefe* ab, ein Körper, der im Stande ist, in Wasser gelösten Zucker in Gährung zu bringen, d. h. in Weingeist und Kohlensäure zu zersetzen, und welcher nach neuern mikroskopischen Untersuchungen aus einer Pilzart besteht, so daſs vielleicht anzunehmen ist, der Gährungsproceſs stehe mit dem Leben dieser niedern Pflanze in einem Causalnexus.

d) Stickstoffhaltende organische Farbstoffe.

Indigo. In mehreren Arten von Indigofera, Polygonum, Nerium u. s. w. findet sich das *Indigweiſs* (1 N, 16 C, 6 H, 2 O), welches sich bei Luftzutritt in *Indigblau* (1 N, 16 C, 5 H, 2 O) verwandelt. Ersteres ist ein weiſses, in wässerigen Alkalien mit gelber Farbe lösliches Pulver; letzteres findet sich unrein im käuflichen Indig und wird durch Sublimation desselben rein erhalten in kupferrothen, glänzenden 6seitigen Nadeln, welche ein blaues Pulver liefern. Es verflüchtigt sich beim Erhitzen unzersetzt in purpurrothen Dämpfen, löst sich nicht in Wasser, wässerigen Alkalien und den meisten Säuren, sehr wenig in Weingeist und Oelen, wird durch viele desoxydirende Mittel, wie Eisenoxydulhydrat, hydrothionsaure Salze, gährende organische Stoffe u. s. w. bei Gegenwart eines Alkali in Indigweiſs verwandelt und gelöst, giebt mit concentrirter Schwefelsäure eine dunkelblaue Lösung, die im verdünnten Zustande *Indig-Tinctur* heiſst und eine Verbindung

Digitized by Google

des etwas veränderten Indigblaus mit Schwefelsäure, die *Cörulinschwefelsäure*, enthält, die mit allen Salzbasen, selbst dem Baryt, lösliche Salze von dunkelblauer Farbe erzeugt. Durch Salpetersäure wird das Indigblau sogleich unter braungelber Färbung zerstört und liefert dabei vorzüglich *Indigsäure* (1 N, 14 C, 4 H, 8 O) und, wenn die Salpetersäure in gröſserer Menge einwirkt, *Kohlensticksäure* (3 N, 12 C, 2 H, 13 O), die in gelben sehr bittern Säulen krystallisirt und mit Salzbasen in der Hitze lebhaft verpuffende Salze liefert. Das *Gallenbraun* ertheilt der Galle ihre Farbe, ist das färbende Princip in der Gelbsucht, findet sich fast rein in dem Gallenstein der Ochsen, löst sich nicht in Wasser, wenig in Weingeist, leicht in Alkalien, und ist vorzüglich durch die erst grüne, dann violette, rothe und gelbe Färbung ausgezeichnet, welche Salpetersäure damit hervorbringt. *Blutroth*, *Cruorin*, der färbende Bestandtheil des Bluts, ist roth, nicht in Wasser, aber in wässerigen Alkalien, Weingeist und Aether löslich, und scheint im reinen Zustande frei von Eisen zu seyn. *Augenschwarz*, im *pigmentum nigrum* der Augen, in allen Flüssigkeiten, auſser in einigen wässerigen Alkalien, unauflöslich und mit dem färbenden Princip der Sepia nahe übereinkommend.

G.

Verdunstung.

Verdampfung, Ausdünstung; *Evaporatio*, *Exhalatio;* Evaporation, Exhalation; *Evaporation*, *Exhalation*.

Die Bedeutung der hier genannten Ausdrücke ist nicht scharf von einander geschieden, vielmehr durch den Sprachgebrauch nur insoweit festgesetzt, daſs sich die Grenzen ungefähr bezeichnen lassen. Der zur Ueberschrift gewählte Ausdruck *Verdunstung* (*evaporatio*) bezeichnet hauptsächlich das allmälige Verschwinden tropfbarer Flüssigkeiten durch Verwandlung derselben in Dampf und kommt seiner Zusammensetzung nach dem Ausdrucke *Ausdünstung* (*exhalatio*) sehr nahe; auch sagt man wohl, daſs Vegetabilien, Gewässer und

Digitized by Google

sonstige Flüssigkeiten ausdünsten; genauer genommen versteht man aber unter dem Producte der Ausdünstung nicht sowohl reinen Dampf oder Dunst der Flüssigkeiten, als vielmehr den mit andern Stoffen gemischten, insbesondere wenn von den nachtheiligen Ausdünstungen verschiedener feuchter und modernder Körper die Rede ist. Dagegen bezeichnet man durch den Ausdruck *Ausdünstung* vorzugsweise das Entweichen verschiedener Stoffe in Gasform aus lebenden Wesen, namentlich aus Menschen, und in dieser Beziehung ist bereits in einem eigenen Artikel[1] davon gehandelt worden. Weit weniger ist die Bedeutung jenes Ausdrucks von der eines andern, nämlich Verdampfung, geschieden, und man sagt wohl ebenso häufig von tropfbaren Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Weingeist, Aether u. s. w., daſs sie verdampfen, als daſs sie verdunsten. Die Ursache hiervon liegt in dem nicht bestimmt festgesetzten Unterschiede zwischen *Dampf* und *Dunst*, wovon bereits oben[2] die Rede war. Nach der dort gegebenen Bestimmung bezeichnet Dunst eine nicht völlig durchsichtige expansible Flüssigkeit, was sich auſser den angegebenen Gründen auch noch durch die metaphorischen Ausdrücke: „einen blauen Dunst vormachen, sich in Dunst und Nebel einhüllen u. s. w.“ rechtfertigen läſst. Diesem gemäſs müſste die hier zu untersuchende Aufgabe eigentlich durch *Verdampfung* bezeichnet werden, weil vorzugsweise und im gröſsten Maſsstabe das Wasser der Erdoberfläche in Dampfgestalt entweicht. Von der andern Seite aber sagt man mindestens ebenso häufig, das Wasser u. s. w. sey *verdunstet*, als es sey *verdampft*; man gebraucht den Ausdruck *verdampfen* und *abdampfen* häufiger von dem, was durch Anwendung der Siedehitze geschieht, *verdunsten* aber, wenn eine niedrigere, selbst bis unter den Eispunct herabgehende Temperatur vorhanden ist, und auſserdem wird in der alten Ausgabe dieses Werkes weder von *Verdampfung* noch von *Verdunstung* ausdrücklich geredet, vielmehr ist beides unter dem Artikel *Ausdünstung* zusammengefaſst, was dem von mir gewählten Ausdrucke am nächsten kommt. Es handelt sich nämlich zunächst um den unausgesetzt statt findenden Proceſs der Verwandlung des auf der Oberfläche unserer Erde befindlichen

1 S. Art. *Ausdünstung*. Bd. I. S. 643.
2 S. Art. *Dunst*. Bd. II. S. 644.

Wassers in Dampf und die hierbei zum Grunde liegenden Gesetze, was in physikalischer Hinsicht mehrfach von groſser Wichtigkeit ist.

Wird also von der Verwandlung des Wassers und sonstiger Flüssigkeiten, wie auch anderweitiger Körper in Dampf und von dem allmäligen Entweichen derselben durch diesen Proceſs gehandelt, so käme zuerst das eigentliche Wesen des hierbei gebildeten expansibeln Fluidums, welches wir Dampf oder Dunst nennen, in Betrachtung; da aber hiervon bereits sehr oft die Rede war, so können wir diese Aufgabe hier ganz übergehn.

Die nachfolgenden Untersuchungen über die Verdunstung oder Verdampfung beziehn sich zwar zunächst auf das Wasser, weil diese wegen ihres Zusammenhanges mit zahlreichen atmosphärischen Processen von gröſster Wichtigkeit sind; beiläufig muſs aber hier auch von der Verdunstung fester Körper und sonstiger Flüssigkeiten das Wesentlichste kurz erwähnt werden. Wird diese Verdampfung durch höhere, namentlich den Siedepunct übersteigende Hitze hervorgebracht, so gehört sie nicht hierher, sondern unter den Abschnitt *Dampfbildung* im Artikel *Wärme.* Daſs aber im Allgemeinen starre Körper in mittlerer Wärme nicht so weit verdunsten, um den Gewichtsverlust derselben messen zu können, ist bereits[1] erwähnt worden, wohl aber war mehreren Physikern der Geruch auffallend, welchen manche Metalle, namentlich Kupfer, Eisen, Zink, Silber und andere, in höherer Temperatur oder dann, wenn sie gerieben werden, zu verbreiten pflegen[2], welcher durch losgerissene Theilchen derselben oder durch Stoffe, die von ihnen bei der Berührung zersetzt werden, entstehn müſste, ohne daſs ihre geringe Menge eine Messung oder Wägung, so wie überhaupt die Möglichkeit gestattet, die Bestandtheile und die Aetiologie dieses Processes zu bestimmen. Die Verdunstung des *Quecksilbers* bei mittlerer Wärme wurde neuerdings durch Faraday[3] auſser Zweifel gesetzt, obgleich die Thatsache

1 S. Art. *Dunst.* Bd. II. S. 644.

2 S. Raschig in G. XXIII. 228. Scherer in dessen Journ. Th. III. S. 544.

3 Quarterly Journ. of Science N. XX. p. 355. Journ. de Phys. T. XCII. p. 317. Schweigger's Journ. Bd. XXXII. S. 354.

Digitized by Google

vorher schon bekannt war, denn Pictet[1] sagt in seiner Anmerkung zu Rumford's Versuchen, es verdunste leichter im luftleeren Raume, als in der Luft. Dieses bezieht sich auf die seit langer Zeit allgemein bekannte Beobachtung[2], daſs sich im Torricelli'schen Vacuum, insbesondere wenn die directen Licht- oder Sonnenstrahlen diesen Theil des Barometers treffen, eine Menge kleine und selbst bis etwa zu einer halben Linie Durchmesser wachsende Quecksilberkügelchen ansetzen. Faraday zeigte aber, wie man durch ein einfaches Verfahren, indem man einen Streifen Blattgold in einem Gefäſse über dem Spiegel des Quecksilbers aufhängt, das allmälige Aufsteigen der Dämpfe im lufterfüllten Raume daran wahrnehmen könne, daſs sie sich von unten auf zunehmend mit dem Golde amalgamiren. Bei einer Temperatur unter 0° C. findet indeſs die Verdampfung nicht mehr statt, mindestens wurde bei 20° F. (—6°,7 C.) das Blattgold nicht verändert, wie nahe dasselbe auch über der Quecksilberfläche hängen mochte. Unter die festen Körper, von denen bekannt ist, daſs sie in niedriger Temperatur verdampfen, gehört der *Campher*, dessen Masse, der äuſsern Luft eine längere Zeit frei ausgesetzt, allmälig abnimmt; auch zeigt der Geruch, daſs Theile von ihm losgerissen und als expansible Flüssigkeit verbreitet werden. Aus dem Geruche, welchen eine Substanz verbreitet, auf das *Ausströmen* einer elastischen Flüssigkeit zu schlieſsen dürfte inzwischen doch voreilig seyn, denn es ist möglich, daſs unmeſsbare feine *Theilchen* irgend einer Substanz, ohne das Vorhandenseyn eines selbstständigen Dampfes, mit den Bestandtheilen der Luft oder mit dem in letzterer vorhandenen Wasserdampfe verbunden mechanisch fortgerissen würden und durch dieses Vehikel zu den Geruchsorganen gelangten, wie denn auch G. G. Schmidt nicht ohne Grund vermuthet, daſs manche *Blumen* erst am Abend einen Geruch zu verbreiten beginnen, weil dann die Feuchtigkeit der Atmosphäre die riechbaren Theile derselben auflöst und mit sich fortreiſst. Wollte man daher annehmen, daſs auch die Camphertheilchen nicht selbstständig, sondern bloſs durch den Wasserdampf fortgerissen sich in der Luft verbreiten, so lieſse sich ein Argument

---

1 G. II. 269.

2 *Robison* System of mechanical philosophy. T. II. p. 37.

hierfür aus dem Umstande hernehmen, daſs auf Wasser schwimmende kleine Stückchen desselben gerade da am merklichsten abnehmen, wo die Oberfläche des Wassers sie berührt. Inzwischen ist es eine bekannte Erfahrung, daſs sich an den Wandungen der Gläser, worin Campher aufbewahrt wird, unter dem Einflusse des Lichtes[1] und in mittlerer Wärme kleine Campherkrystalle ansetzen, und dieses erfolgt nicht bloſs weit stärker und in ungleich kürzerer Zeit im luftverdünnten oder noch besser im luftleeren Raume, sondern unter letzterer Bedindung werden auch die bereits gebildeten Krystalle, ebenso wie beim Eise, durch den Einfluſs der ungleichen Wärme wieder losgerissen und nach der entgegengesetzten Seite übergeführt.

Aus diesen Thatsachen, die ich in mehreren übereinstimmenden Versuchen bestätigt gefunden habe[2], geht ohne Widerrede hervor, daſs der Campher wirklich im eigentlichen Sinne des Wortes bei mittleren Temperaturen verdunstet, aber aus denselben Beobachtungen, die ich hier nicht ausführlicher mittheilen kann, folgt auch überzeugend, daſs der aus dem Campher selbst bis zur Schmelzhitze desselben erzeugte Dampf von nur unmeſsbarer Elasticität sey, und wenn Saussure[3] letztere bei $15^{0},5$ C. dem Drucke einer Quecksilbersäule von 0,004 Meter gleich gefunden haben will, so muſs dieses auf einem Irrthume beruhn. Der gemeine Campher enthält in seinen festen Stücken eine geringe, sein Volumen nicht erreichende Quantität Luft eingeschlossen, die im Vacuum aus ihm entweicht, und wenn diese aus ihm entfernt ist, so vermag der bei mittlerer Temperatur aus ihm entwickelte Dampf weder im Torricelli'schen Vacuum, noch wenn er sich unter der Campane der Luftpumpe befindet, eine meſsbare Depression des Quecksilbers zu erzeugen. Dennoch nimmt sein Volumen ab, wenn er längere Zeit in kleinen Stückchen an freier Luft liegt, Ballons und Campanen, worin sich Bruchstückchen des-

1 Bei Gläsern, welche dem Einflusse des stärkern Tageslichtes oder der Sonnenstrahlen nie ausgesetzt wurden, habe ich die Erscheinung nicht wahrgenommen.

2 Physikalische Abhandlungen u. s. w. von G. W. Muncke. Gieſsen 1816. 8. S. 393 ff.

3 L. Gmelin Handbuch der theoretischen Chemie. 1829. Th. II. S. 414.

Digitized by Google

selben befinden, zeigen sich, wenn sie gehörig exantlirt sind, nach einiger Zeit noch luftleer, aber mit einem starken Geruche nach Campher erfüllt, und die im Torricelli'schen Vacuum an einer Seite entstandenen Krystalle verschwinden, um sich an einer andern kälteren wieder anzusetzen. Der Campher verdunstet also überhaupt, aber ungleich schneller und stärker im Vacuum, als im lufterfüllten Raume; auch nimmt die Stärke seiner Verdunstung mit der Erhöhung der Temperatur bedeutend zu, wir können also nicht anders annehmen, als daſs er einen selbstständigen Dampf bilde, aber ohne meſsbare Elasticität. Letzteres steht nicht im Widerspruche mit anderweitigen Naturgesetzen, denn auch der Dampf des Eises, welches bei einer Temperatur tief unter dem Gefrierpuncte des Wassers gleichfalls verdunstet, ist ohne meſsbare Elasticität, und als ich den Focus eines Brennspiegels gegen das obere Ende der Quecksilbersäule in der Torricelli'schen Röhre richtete, gerieth dieses Metall in starkes Aufwallen, ohne daſs die Quecksilbersäule meſsbar herabsank[1]. Auch die Quecksilberdämpfe haben daher bis nahe an die Siedehitze dieser Flüssigkeit keine meſsbare Elasticität, wie durch sonstige Erfahrungen gleichfalls erwiesen ist[2].

Auch der *Moschus* gehört unter die Zahl der starren Körper, von denen angenommen wird, daſs sie schon bei geringer Wärme verdunsten, wofür allerdings sein starker Geruch und die mit der Zeit statt findende Verminderung seiner Masse zeugen; allein er enthält Wasser und ätherisches Oel, seine Verdunstung kann also nicht als die eines starren Körpers betrachtet werden. Der *Phosphor* schwindet gleichfalls allmälig, jedoch nur in Folge einer langsamen Verbrennung, so daſs auch dieser Proceſs nicht als eigentliche Verdunstung gelten kann. Wollte man das Eis, welches entschieden bei allen bekannten Temperaturen verdunstet, als starren Körper betrachten, so müſste auch die feste Kohlensäure, welche nach Thilorier's Entdeckung gleichfalls sich stets in kohlensaures Gas auflöst, hierher gerechnet werden, allein das Eis scheint durch den Zustand der Flüssigkeit in den der Expansion über-

1 Physikalische Abhandlungen. S. 422.

2 S. Art. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 1852. Vergl. *Adhaesion.* Bd. I. S. 205.

Digitized by Google

zugehn, und da auſserdem dasselbe erst aus dem Wasser gebildet zu werden pflegt, so ist man gewohnt, seine Verdunstung der des Wassers anzureihen. Auf ähnliche Weise ist auch die Kohlensäure erst flüssig, ehe sie durch die Kälte ihrer eigenen Verdunstung fest wird, und sie gleicht also rücksichtlich dieses ihres Verhaltens wahrscheinlich dem Wasser und dem Eise.

Tropfbare Flüssigkeiten sind diejenigen Körper, bei denen die Verdunstung ganz eigentlich statt findet, und dieses steht vollkommen im Einklange mit dem allgemeinen, durch Laplace und Lavoisier[1] aufgestellten Gesetze, daſs die Menge des Wärmestoffes den Aggregatzustand der Körper bedingt, indem diese durch Vermehrung jenes aus dem Zustande der Starrheit in den tropfbar flüssigen und dann in den gasförmigen übergehn, wobei der Wärmestoff als repulsives Princip wirkt. Kommt daher von letzterem zu den bereits tropfbaren Flüssigkeiten noch die erforderliche Menge hinzu, so muſs Expansion erfolgen, und hierin liegt also der Grund, warum diese insgesammt einer steten Verdunstung unterworfen sind. Inzwischen leidet auch diese Regel Ausnahmen, denn die *fetten Oele* verdunsten nicht, und es findet daher auch bei ihnen kein Sieden statt, wie Placidus Heinrich[2] und Carradori[3] erwiesen haben. Vielen Oelen ist allerdings eine gewisse Menge Wasser beigemengt, welche dann allmälig verdunstet und bei beginnender Siedehitze ein dem Sieden ähnliches Aufwallen bewirkt; ist dieses aber entfernt, so findet kein eigentliches Verdunsten mehr statt, vielmehr erleiden sie eine Zersetzung, welche durch wachsende Hitze zunimmt und endlich eine gänzliche Veränderung der Substanzen herbeiführt. Hieraus wird das Eindicken und Ranzigwerden der fetten Oele, wie überhaupt der Fette, und der Geruch erklärlich, welchen dieselben verbreiten. Die *flüchtigen Oele* dagegen, welche diesen Namen im Gegensatze gegen die fixen erhalten haben, die verschiedenen *Aether-* und *Spiritusarten*, der *Schwefelkohlenstoff*, die *schweflige Säure* und überhaupt

1 System der antiphlogistischen Chemie. Th. I. S. 30.

2 Phosphorescenz der Körper. Th. I. S. 183.

3 Ann. de Chim. T. XLII. p. 65. G. XII. 103. Vergl. Parrot in G. XIX. 360.

Digitized by Google

die tropfbaren Flüssigkeiten verdunsten in sehr ungleichen Verhältnissen der Stärke. Es ist indeſs unnöthig, die Verdampfungsgesetze aller einzelnen Flüssigkeiten speciell zu untersuchen, indem es vielmehr genügt, die allgemeinen und allen diesen Substanzen, nur mit gewissen Modificationen, zukommenden näher zu betrachten.

1) Die Stärke der Verdunstung ist verschieden nach der eigenthümlichen Beschaffenheit der Flüssigkeiten und im Allgemeinen der Höhe des Siedepunctes derselben umgekehrt proportional. Am merkwürdigsten in dieser Beziehung zeigt sich die *flüssige Kohlensäure*, welche unter den bis jetzt bekannten Flüssigkeiten den ersten Platz einnimmt[1]. Ihr Siedepunct liegt auf jeden Fall unter dem Gefrierpuncte des Wassers, denn in dieser Temperatur ist sie unter atmosphärischem Drukke bloſs noch in expansiblem Zustande vorhanden, es läſst sich aber überhaupt unter diesem Drucke kein Siedepunct derselben auffinden, weil sie im festen Zustande stark verdunstet und dadurch eine Kälte von etwa — 100° C. erzeugt, woraus leicht zu ermessen ist, daſs es bis jetzt noch nicht gelingen konnte, sie einer äuſsern Kälte auszusetzen, bei welcher sie tropfbar flüssig sieden könnte; doch wäre es möglich und der Analogie nach sogar wahrscheinlich, daſs sich in den tiefen Kältegraden Sibiriens oder des nördlichen America der Siedepunct derselben auffinden lieſse. Nach den bisher bekannt gewordenen Erscheinungen muſs man aus ihrer starken Verdunstung bei — 100° C. schlieſsen, daſs sie auch bei noch tiefern Kältegraden und selbst bis zur Grenze des absoluten Nullpunctes verdunsten würde, wobei jedoch ihr Siedepunct höher, als der Punct ihres Festseyns liegen müſste.

Ihr zunächst steht die *unvollkommene Schwefelsäure* oder *schweflige Säure*[2] *(acidum sulphurosum; acide sulfureux)*, eine farblose, durchsichtige und dünne Flüssigkeit, welche schon bei — 10° C. siedet und nach Art der flüssigen Kohlensäure in Folge der durch ihre eigene Verdunstung erzeug-

---

1 L'Institut. 1835. N. 126 u. 127. p. 327 ff. Poggendorff's Ann. XXXVI. 141.

2 S. Bussy in Ann. Chim. et Phys. T. XXVI. p. 63. Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 451. Poggendorff's Ann. I. 237. Vergl. L. Gmelin's Handbuch der theor. Chem. Th. I. S. 296.

ten Kälte im Guericke'schen Vacuum zu einer weiſsen flockigen Masse gesteht. Ihre Verdunstung ist ausnehmend stark, so daſs sie in einer Temperatur über — 10° C. nur in Gasform vorhanden seyn kann, jedoch ist jene weit geringer, als die der Kohlensäure, weil sie erst durch Verminderung des Luftdruckes zu einem solchen Grade gesteigert werden muſs, daſs sie das Gestehen der Flüssigkeit durch die unter —18° C. herabgehende Kälte bewirken kann.

Dürfte angenommen werden, daſs die Stärke der Verdunstung der Höhe der Siedepuncte genau umgekehrt proportional sey, so würden sich hier zunächst die Aetherarten anreihen, unter denen der leichte *Salzäther* schon bei 12° C., der reine *Schwefeläther* aber unter 36° C. siedet, und auch die *Blausäure*, deren Siedepunct bei 27° C. liegt, allein mir sind keine Versuche bekannt, wodurch die Stärke der Verdunstung dieser Flüssigkeiten gemessen worden wäre, und wenn wir diese aus den Graden der erzeugten Kälte zu ermitteln suchen, so zeigen sich zwar alle in dieser Beziehung ausnehmend wirksam, der Schwefelkohlenstoff scheint sie indeſs dennoch zu übertreffen, ungeachtet er erst bei 40° C. siedet, wobei jedoch die Blausäure eine Ausnahme macht, indem ein Tropfen derselben an einer Glasröhre oder auf Papier durch theilweises Verdunsten gefriert, weil ihr Gefrierpunct schon bei — 15° C. liegt[1]. Zur Erzeugung groſser künstlicher Kälte bedient man sich übrigens meistens des Schwefelkohlenstoffs, welcher so stark verdunstet, daſs ein auf Wasser schwimmender Tropfen seine Umgebung in Eis verwandelt, und wenn er aus feinen Röhrchen verdampft, werden die Enden derselben so stark abgekühlt, daſs der atmosphärische Wasserdampf sich an ihnen als Eis in Form einer feinen, schneeähnlichen Masse ansetzt.

2) Die Stärke der Verdunstung aller Substanzen, und insbesondere der Flüssigkeiten, wird durch die Temperatur bedingt. Daſs Campher mit zunehmender Wärme stärker verdunste, muſs der Analogie nach erwartet werden und geht aus meinen erwähnten Versuchen thatsächlich hervor; allgemein bekannt ist aber, daſs man diejenigen Gegenstände zu

---

1 Gay-Lussac in G. XL. 229. Vergl. L. Gmelin's Handbuch u. s. w. Th. I. S. 465.

erwärmen pflegt, bei denen man die Verdunstung der ihnen adhärirenden Flüssigkeiten beschleunigen will. Hieraus folgt dann umgekehrt von selbst, daſs die Verdunstung abnehmen und zuletzt auf ein Minimum herabsinken müsse, wenn die Quantität der Wärme, welche die Expansion des gebildeten Dampfes bewirkt, stets geringer wird. Genaue Maſsbestimmungen hierüber für die verschiedenen Flüssigkeiten sind mir nicht bekannt, auch bezweifle ich, daſs sie bereits durch Versuche ausgemittelt wurden, weil Letzteres sehr schwer seyn dürfte, insofern die Wärmemenge nur eine einzige der verschiedenen Bedingungen ist, die auf die Stärke der Verdunstung ihren Einfluſs äuſsern, und es kaum möglich seyn würde, die übrigen sämmtlich auszuschlieſsen oder gehörig in Rechnung zu nehmen. Eine Bestimmung hierüber, jedoch nur *eine* ungefähre, theilt Schübler[1] mit, welcher fand, daſs die Verdunstung während 24 Stunden im Juli über zehnmal stärker war, als im Januar, wobei die Temperaturdifferenz beider Tage 36° C. betrug, auch ist die bekannte unglaubliche Feuchtigkeit der Luft unter der äquatorischen Zone in Folge der dortigen starken Verdunstung eine bekannte Sache. Der von Heller[2] hervorgehobene Einfluſs der Sonnenstrahlen auf die Stärke der Verdunstung läſst sich einfach auf die erzeugte gröſsere Wärme zurückführen, ohne daſs man gezwungen ist, zu einer künstlichen Hypothese seine Zuflucht zu nehmen. Wichtiger und interessanter dagegen ist es, die Grenze aufzusuchen, bei welcher die noch vorhandene Wärme Dampf zu bilden vermag und daher die Verdunstung aufhört. Daſs diese nicht da liege, wo die Flüssigkeiten in den Zustand der Starrheit übergehn, wuſste man lange vom Wasser, neuerdings hat man ebendieses bei der festen Kohlensäure und der Blausäure gleichfalls wahrgenommen, denn wenn Tropfen der letzteren an einer Glasröhre erstarren, so nehmen sie doch fortwährend an Masse ab und verschwinden bald gänzlich. Am genauesten bekannt ist diese Thatsache beim Eise und verdient daher eine etwas nähere Betrachtung.

Daſs das Eis, wie das Wasser, verdunste, wuſste

1 Naturwissenschaftliche Abhandl. einer Gesellschaft von Würtemb. Th. I. S. 211.

2 G. IV. 210.

man schon lange und wird sogar schon von Plinius[1] erwähnt. Bekannt ist, daſs man sich des anhaltenden Gefrierens bedient, um Cadaver und Präparate thierischer Körper ohne Fäulniſs austrocknen zu lassen, ja selbst in den Haushaltungen pflegt man die nasse Wäsche durch Gefrieren der nöthigen Trockenheit wenigstens nahe zu bringen. Gauteron[2] wollte sogar gefunden haben, daſs das Eis bei höheren Kältegraden stärker als bei niederen verdunste, und Wallerius[3] wollte diesen Irrthum verbessern, indem er annahm, es finde dieses bloſs bei der Bildung des Eises statt; allein die Sache erklärt sich bald, wenn man nur berücksichtigt, daſs unter mittleren Polhöhen die gröſsere Kälte meistens mit heiterem Wetter und trocknen Luftströmungen verbunden ist, die alsdann eine steigende Verdunstung zur Folge haben, da tief erkältetes Eis bei sehr feuchter Luft nicht nur nicht verdunstet, sondern sogar an Volumen vermehrt wird. In Beziehung auf das Verdunsten des Eises überhaupt ist es allerdings ein auffallendes Phänomen, daſs Theilchen vom Eise, als einem starren Körper, in Dampfgestalt fortgerissen werden, und darum wurde dasselbe auch so oft beachtet und bemerkt. Dieses geschah namentlich durch Mairan[4], Rumford[5] und Dalton[6], welcher aus seinen Versuchen folgerte, daſs die Verdunstung des Eises nach gleichen Gesetzen, als die des Wassers, erfolge. Wistar[7] brachte Eis von 0° C. Temperatur in ein Zimmer von — 17°,78 C. und sah einen sichtbaren Dunst von demselben aufsteigen, ein leicht zu erklärendes Phänomen, da der aus der verhältniſsmäſsig sehr warmen Substanz des Eises entwickelte Wasserdampf in der sehr kalten Umgebung anfangs zu undurchsichtigem Dunste niedergeschlagen wurde, woraus jener folgerte, daſs Destillationen in allen Temperaturen durch hinlänglichen Unterschied der Wärme zu bewerk-

1 Hist. Nat. L. XXXI. Cap. 3.

2 Mém. de l'Acad. de Par. 1708. p. 451.

3 Schwed. Abhandl. 1746. Th. IX. S. 335. Vergl. Baron in Mém. de l'Acad. de Paris. 1753. p. 250.

4 Vom Eise. Deutsche Ueb. S. 240.

5 G. II. 268.

6 Memoirs of the lit. and phil. Soc. of Manchester. T. V. p. 574. G. X. 140.

7 Amer. Philos. Trans. T. III. G. V. 354.

stelligen wären, was im Allgemeinen keinem Zweifel unterliegt, in der Anwendung aber ein sehr beschränkendes Hinderniſs darin findet, daſs tiefe Kältegrade bei mittlerer Temperatur nicht wohl ohne bedeutende Mühe und groſsen Aufwand zu erhalten sind. Carradori[1] beobachtete, daſs frischer Schnee in der sofort steigenden Kälte allmälig verschwand, und leitete die schnellere Verdunstung desselben, als die des Eises, von der gröſsern Oberfläche ab, die der berührenden Luft durch denselben dargeboten wird. Aus der starken Verdunstung des Schnees wird auch leicht erklärlich, daſs hoher Schnee in strengen Wintern, wenn er lange liegt, an Masse bedeutend abnimmt und daher nur verhältniſsmäſsig wenig Wasser beim Schmelzen liefert. Das Eis verdunstet nicht bloſs, wenn es der Luft frei ausgesetzt, sondern auch, wenn es in poröse Körper eingeschlossen ist. Schon die Alten leiteten das Verderben der Pflanzen durch Frost von einer zu starken Verdunstung ab, wie namentlich Theophrast[2] und Plinius[3] ausdrücklich bemerken, Göppert[4] aber hat nicht bloſs das Verdunsten der Säfte aus gefrorenen Pflanzentheilen durch die Erfahrung nachgewiesen, sondern leitet auch das Absterben der Pflanzen durch zu strengen Frost nicht wie gewöhnlich aus einer Zerstörung der Fasern durch die Ausdehnung des Eises, sondern aus einer Entkräftung ab, welche durch zu starkes Entziehen der Säfte, die nicht wieder herzuströmen, bewirkt wird, weswegen Pflanzen in geringerer, aber anhaltenderer und von starker Verdunstung begleiteter Kälte absterben, die unter andern Umständen eine gröſsere ohne Beschädigung ertragen; auch mag die Erscheinung, daſs manche Pflanzen in Groſsbritannien bedeutende Kältegrade aushalten, zum Theil mindestens darin ihren Grund haben, daſs sie dort nicht durch zu groſse Wärme verweichlicht und zugleich einer stets feuchten Luft ausgesetzt sind. Höchst interessant ist die durch Forster[5] gemachte Beobachtung, daſs

1 Brugnatelli Giorn. T. V. p. 202.

2 De causis plantar. Lib. V. cap. 12. p. 346. ed. Schneider.

3 Hist. Nat. L. XVII. C. 37. p. 404. ed. Harduin.

4 Ueber die Wärmeentwickelung in d. Pflanzen. Breslau 1830. S. 60.

5 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West Passage cet. by Parry. Lond. 1826. 4. p. 76.

Digitized by Google

das Eis auch bei den tiefſten Kältegraden verdunſtet, denn die kleinen Eiskryſtalle, die ſich durch die Annäherung der Menſchen auf Metallflächen und optiſchen Gläſern in jenen durch die gröſsten Kältegrade erſtarrten Gegenden anlegten, verſchwanden zu jeder Zeit.

Das eigentliche Weſen des Verdunſtungsproceſſes beim Eiſe iſt Gegenſtand vieler Unterſuchungen geweſen, indem man ſtets fragte, in welcher Geſtalt die vom Eiſe losgeriſſenen Theilchen wohl entweichen möchten, inſofern das Eis ein ſtarrer Körper iſt, die Theile daher nicht wohl in dieſem Zuſtande der Feſtigkeit losgeriſſen werden können, an ein eigentliches Schmelzen des Eiſes aber in einer Temperatur unter dem Gefrierpuncte nicht wohl zu denken iſt. Carradori[1] nimmt daher an, der Proceſs beruhe auf einer chemiſchen Affinität der Luft mit den Eispartikeln, welche letzteren durch gegenſeitige Anziehung zu Kryſtallen vereinigt würden, weswegen dann eine andere ſtärkere, dieſe daher überwindende Kraft vorhanden ſeyn müſse. Ebendieſe Anſicht theilt Erman[2], welcher bemerkt, die Oberfläche des Eiſes müſſe, um zu verdunſten, geſchmolzen ſeyn, was nicht ſtatt finden könne, da die Verdunſtung ſogar bei — 35° C. fortdaure, und es könne daher nur eine chemiſche Verbindung zwiſchen Wärme und Waſſer als Urſache angenommen werden. Ebenſo argumentirt auch Carradori[3], ſofern er annimmt, daſs die mit Luft ſich chemiſch verbindenden Eistheilchen zuvor durch Wärme in den Flüſſigkeitszuſtand übergingen; allein man könnte zuvor im Allgemeinen fragen, ob die Verbindung von Waſſer mit Wärme bei der gewöhnlichen Verdunſtung eine bloſs mechaniſche ſey, und wollte man dieſes deswegen bejahen, weil durch Compreſſion des Dampfes Wärme ausgeſchieden und Waſſer in tropfbar flüſſiger Geſtalt frei gemacht wird, ſo müſste der aus dem Eiſe gebildete Waſſerdampf von anderer Beſchaffenheit als der gewöhnliche ſeyn, was man ſchwerlich zugeben wird. In dieſer Beziehung war Parrot[4] allerdings mit ſich conſequent, als er den Waſſerdampf in

---

1 Brugnatelli Giorn. T. V. p. 202.
2 Reiſe. Th. I. S. 704.
3 A. a. O.
4 G. XVII. 307. Vergl. Voigt's Magazin. Th. III. S. 1 ff.

Digitized by Google

der atmosphärischen Luft überhaupt für eine Verbindung von Wasser mit Sauerstoff hielt, wonach also die Verdunstung des Eises für eine Auflösung desselben in Sauerstoffgas der Atmosphäre gelten konnte, mithin die Schwierigkeit der Erklärung, auf welche eigenthümliche Weise beim Verdunstungsprocesse des Eises die Partikelchen desselben losgerissen und in Dampfgestalt fortgeführt werden, von selbst wegfällt, sofern auch starre Körper chemisch auflösbar sind. Diese Hypothese widerstreitet indeſs gänzlich der neuerdings vielfach hervorgehobenen Thatsache, daſs das Eis im Guericke'schen Vacuum um so stärker verdunstet, je verdünnter die Luft ist, und daſs dieser Verdunstungsproceſs so lange fortdauert, als der gebildete Dampf weggenommen wird. Richtig im Allgemeinen bleibt es immer, daſs dem Anschein nach die Repulsion der *Wärme* beim Eise zuerst den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit erzeugen muſs, ehe neu hinzukommender Wärmestoff eine Expansion zu bewirken vermag, und es ist nicht leicht zu begreifen, wie beide Processe beim Eise in der Art unmittelbar mit einander verbunden sind oder auf einander folgen, daſs Partikelchen des Eises losgerissen und als Dampf fortgeführt werden. Im Ganzen ist jedoch dieses Verhalten beim Eise nur auffallender und allerdings merkwürdiger, sofern dessen Theilchen durch stärkere Attraction zusammengehalten werden, als beim Wasser, denn bei der Bildung des *Dampfes* aus *letzterem* muſs gleichfalls die Adhäsion der einzelnen *Theilchen* unter sich überwunden werden. Eine durchaus befriedigende *Erklärung* dieser allerdings merkwürdigen Processe würde eine vollkommen deutliche Kenntniſs der Attractionsgesetze und ihrer verschiedenen Modificationen voraussetzen, die uns bekanntlich noch fehlt, und wir können sie daher nur an andere ähnliche anknüpfen. Dahin gehört wohl vorzüglich, daſs ein einzelner Tropfen Oel sich über eine groſse Wasserfläche ausbreitet, obgleich beide Flüssigkeiten sich nicht mit einander vermischen und daher die Anziehung ihrer Theilchen unter sich stärker ist, als die zu denen der andern; dennoch aber werden Theilchen von der Oberfläche des Oeles losgerissen und gehn eine neue Verbindung mit dem Wasser ein. Auf ähnliche Weise werden auch von der Oberfläche des Wassers, wie des Eises, Theilchen losgerissen und in expansibler Gestalt fortgeführt. Es handelt sich daher vor-

Digitized by Google

läufig nur um die Feststellung der Thatsache, nämlich ob die losgerissenen Theilchen des Eises zuerst in den tropfbar flüssigen und dann in den exansibeln Zustand versetzt werden, oder ob sie aus dem festen sofort in den letztern übergehn, welches auf jeden Fall höchst unwahrscheinlich ist, da die tropfbar flüssige Aggregatform zwischen der festen und expansibeln in der Mitte liegt und der Zustand der Expansion als unmittelbare Folge der Verbindung starrer Körper mit Wärme minder leicht vorstellbar ist. Diese theoretischen Schlüsse finden vollkommene Bestätigung durch meine Versuche, in denen bei einer Temperatur zwischen — 5° und — 12° C. Eiskrystalle von der einen inneren Wandung eines luftleeren Ballons zur gegenüberstehenden hinübergeführt wurden und sich allmälig dort ansetzten, wobei zugleich im Allgemeinen vorausgesetzt werden muſs, daſs aller niedergeschlagene und auf Körpern jeder Art sich ansetzende Dunst tropfbar flüssig ist, bevor er in Eis verwandelt wird, auſserdem aber glaube ich den tropfbar flüssigen Zustand des an den Wandungen des Glases sich allmälig anhäufenden und zu kleinen Eisnadeln oder Schneekrystallen vereinigten Wasserdunstes vermittelst einer Loupe bestimmt wahrgenommen zu haben[1].

3) Die dritte Bedingung der Verdunstung liegt in der leichten und schnellen Wegführung des bereits erzeugten Dampfes, um dem neu zu bildenden Raum zu geben; denn nach einem höchst merkwürdigen Gesetze ist die Affinität des Wärmestoffes zu den verschiedenen Körpern und sein Bestreben, sich mit ihnen zur Dampfform zu verbinden, so stark, daſs stets aufs neue Dampf gebildet wird; zugleich aber kann die Dichtigkeit des Dampfes in einem gegebenen Raume nur bis zu einer gewissen, durch die Temperatur bedingten Gröſse wachsen, weil ein gewisser Theil des Wärmestoffes stets sensibel bleibt und nicht gebunden wird[2], und es kann daher kein neuer Dampf gebildet werden, sobald der bereits gebildete die der Temperatur zugehörige Dichtigkeit erhalten hat. Hieraus werden eine Menge von Erscheinungen, die bei der Verdunstung vorkommen, erklärlich. Dahin gehört zuerst die Kälte, welche durch jede Luftbewegung entsteht, wenn die

1 Physikalische Abhandlungen. S. 65. 73. 92. 112. 366.

2 S. Art. *Dampf*. Bd. II. S. 287.

Digitized by Google

bewegte Luftmasse nicht eine merklich höhere Temperatur hat und hierdurch die in Folge der Verdunstung entstehende Kälte überwindet. Daher erzeugt Zugluft, das Fächeln und das Blasen Abkühlung, wie man namentlich im Sommer empfindet, wenn die den menschlichen Körper umgebende, mit Dampf gesättigte Luft fortbewegt und frische, trocknere an ihre Stelle geschafft wird. Hierauf beruht dann auch der Einfluſs der Winde, je nachdem sie mehr oder weniger trocken sind. Schübler[1] fand die Verdunstung bei N., NO. und O. Winde selbst bei einer mittleren Temperatur von $-7^0,5$ C. so stark, daſs die Oberfläche einer Eisschicht binnen 4 Monaten um 0,5 Zoll vermindert wurde. Nach Parrot's[2] Versuchen verdunstete eine Eisschicht selbst an Orten, die gegen Wind und Sonnenlicht geschützt waren, bei $-10^0,75$ C. $\frac{1}{260}$ Zoll, bei $-16^0,25$ $\frac{1}{200}$ Z., bei $-3^0,75$ $\frac{1}{740}$ Z., bei $-0^0,94$ $\frac{1}{1800}$ Zoll in 24 Stunden, und hiernach erklärt er sehr überzeugend die Entstehung des *Rossols* (kleiner Häufchen Salzkrystalle) auf dem Eise des sibirischen Polarmeeres daraus, daſs die Wellen des Seewassers aus den dortigen Polinjen die Eisfläche überströmen, deren Wasser dann in Folge der trocknen Luft, des Windes und der Sonnenstrahlen sofort verdunstet und die Salzkrystalle auf der Oberfläche zurückläſst. Auf die durch Luftwechsel bewerkstelligte Vermehrung des Verdunstens tropfbarer Flüssigkeiten ist Montgolfier's Verdampfungsapparat (*Évaporatoire*) gegründet, welcher durch Clément und Désormes insofern verändert worden ist, daſs der gebildete Dampf nach Leslie's Verfahren absorbirt werden soll, und auf diese Weise kann die Vorrichtung zum Austrocknen gebraucht werden[3]. Im Wesentlichen besteht der Apparat aus einem *Ventilator* nach Art des durch Desaguliers angegebenen, vermittelst dessen die Luft in einem stetigen, möglichst starken Strome über die zu verdampfende Flüssigkeit hingeleitet wird. Uebrigens hat nach den Versuchen von

---

1 Naturwissensch. Abhandl. einer Gesellschaft in Würtemberg. Th. I. S. 211.

2 Physikalische Beobachtungen des Capitain-Lieutenant Baron v. Wrangel. Berlin 1827. 8. S. 5. Anm.

3 Ann. de Chimie. LXXVI. 34. LXXVIII. 183. G. XXXVII. 123. XLIII. 384. Schweigger's Journ. Th. II. S. 8.

Digitized by Google

Clément und Désormes die Gasart, worin die Verdunstung vorgeht, keinen Einfluſs[1].

Der wechselnde Zutritt neuer Luft kann jedoch die Verdunstung nur dann befördern, wenn diese noch nicht mit Dampf gesättigt ist, weil sie in letzterem Falle keinen neuen aufzunehmen vermag. Je trockner daher die Luft ist, desto schneller werden Flüssigkeiten in ihr verdunsten. Scoresby[2] erwähnt die ungemeine Trockenheit der Luft in der Gegend von Spitzbergen, wo das tief erkältete Polareis und die sehr kalte Polarluft den gebildeten Wasserdampf begierig aufnimmt, ebenso zeigt sich die Luft in der Gegend der Hudsonsbai sehr trocken, und ebendiese Eigenschaft derselben auf hohen Bergspitzen ist von de Saussure und Andern mehrmals bemerkt worden. Noch ungleich höher läſst sich indeſs die Stärke der Verdunstung treiben, wenn man der Luft den aufgenommenen Wasserdampf fortwährend durch absorbirende Körper, unter denen salzsaurer Kalk und vorzüglich Schwefelsäure den ersten Rang einnehmen, entzieht. Der entstandene Dampf mischt sich dann zwar leicht und schnell mit der umgebenden Luft, inzwischen setzt diese dennoch seinem Aufsteigen und seiner freien Bewegung ein bedeutendes Hinderniſs entgegen, und dieses wird daher um so viel geringer seyn, je dünner die Luft ist, worin sich der verdampfende Körper befindet. Wirken beide Bedingungen gemeinschaftlich, so muſs das Resultat desto auffallender seyn, und hieraus erklärt sich die starke Verdunstung auf hohen Bergspitzen in der trocknen und zugleich verdünnten Luft, der gewöhnliche Proceſs des Abdampfens und Austrocknens im Vacuum der Luftpumpe und die hohen Grade der Kälte, die durch Verdunstung der Flüssigkeiten und des Eises über Schwefelsäure im Guericke'schen Vacuum nach Leslie[3] erzeugt werden.

4) Endlich wächst die Verdunstung mit der Vergröſserung der Oberfläche und muſs der Gröſse derselben proportional seyn, wenn alle übrige Bedingungen gleich sind. Dieser Satz im Allgemeinen bedarf keines Beweises, denn er folgt von selbst aus der Natur der Sache, sofern die Bildung des

1 Ann. de Chimie. T. XLII. p. 124. G. XIII. 141. XV. 148.

2 Account of the arctic Regions. T. I. p. 381.

3 G. XLIII. 375.

Digitized by Google

Dampfes über jedem einzelnen Theile der Oberfläche gleichmäſsig erfolgt; iſt aber die Oberfläche ſehr groſs, wie bei Seen und dem Meere, ſo wird die gebildete Dampfſchicht durch die Luftſtrömung von einem Theile der Oberfläche dem andern zugeführt, und es kann alſo bei ſchon vorhandener Sättigung keine weitere Verdunſtung ſtatt finden, auſser in Folge erhöhter Temperatur und ſofern die leichtere, mit Dampf erfüllte Luft aufſteigt, dagegen trocknere herabſinkt oder von der Seite zugeführt wird, ohne daſs ſie lange genug an derſelben Stelle verweilt, um völlig geſättigt zu werden, abgeſehn davon, daſs der Dampf ſich ſtets höher hebt und ohne eigentliches Aufſteigen der Luft den höhern trocknern Schichten zugeführt wird. Hieraus erklärt ſich übrigens gleichfalls, warum der Schnee nach Carradori und Schübler ſo ſtark verdunſtet und bei langem Liegen unter günſtigen Bedingungen zuweilen ganz verzehrt wird.

Wenn die bisher erörterten Bedingungen die Verdunſtung beſchleunigen, ſo muſs die Abweſenheit jener Beförderungsmittel durch verminderte Wirkung oder völlig ausbleibende Verdampfung kenntlich ſeyn. Es iſt bereits oben bemerkt worden, daſs namentlich Waſſerdämpfe die Verdunſtung mancher Subſtanzen zu befördern ſcheinen, indem namentlich Campher auf Waſſer ſchwimmend an der Berührungslinie des Niveau's dieſer Flüſſigkeit vorzugsweiſe ſtark verdunſtet, und verſchiedene Körper, wie auch Blumen, bei feuchter Atmoſphäre einen vorzüglich ſtarken Geruch verbreiten. Intereſſante Verſuche hat Faraday[1] angeſtellt, aus denen hervorgeht, daſs die meiſten Körper in Temperaturen, in denen ſie nicht zu verdunſten pflegen, auch durch die Anweſenheit des Waſſers nicht zur Verdunſtung gebracht werden. Zu dieſem Ende füllte er Flaſchen mit verſchiedenen wäſſerigen Löſungen, ſenkte in dieſe Röhren, mit denjenigen Subſtanzen gefüllt, deren Verdunſtung unterſucht werden ſollte, verkorkte und überband die Flaſchen, lieſs ſie faſt vier Jahre an einem dunkeln Orte ſtehn und prüfte dann durch Reagentien, ob ein gegenſeitiger Uebergang der verſchiedenen Subſtanzen zu einander ſtatt gefunden hatte. Dieſes war der Fall nur bei Kry-

1 Journal of the Roy. Inst. 1831. N. 1. p. 70. Poggendorff Ann. XIX. 545. Philos. Magaz. and Annals T. VIII. p. 383.

ſtallen von Kleeſäure und verdünnter Schwefelſäure, Aetzſublimat und Kalilöſung, ſalpeterſaurem Ammoniak und verdünnter Schwefelſäure. Bei allen 12 übrigen zeigte ſich keine Spur. Wird eine Flüſſigkeit durch eine andere minder flüchtige gebunden, ſo wird ſie minder leicht verdunſten, wie dieſes nothwendig daraus folgen muſs, daſs dem Beſtreben nach Verdampfung eine andere widerſtrebende Kraft entgegenwirkt. Alkohol mit Waſſer, Waſſer mit Schwefelſäure gemiſcht oder Löſungen von Salzen enthaltend werden daher weniger leicht verdunſten, als im reinen Zuſtande. Hierbei zeigt ſich eine von Gehlen[1] bereits als noch unerklärt bezeichnete Anomalie bei der Deſtillation des Branntweins, indem anfangs vor dem Sieden dieſer Verbindung von Waſſer und Alkohol nicht die letztere flüchtigere Subſtanz, ſondern die erſtere übergeht, ſo daſs man eine beträchtliche Menge reines Waſſer erhalten ſoll, wenn man längere Zeit die dazu erforderliche niedrige Temperatur beibehält, ſtatt daſs beim beginnenden Sieden ſogleich Weingeiſt abdeſtillirt wird. Iſt der Raum über einem verdunſtbaren Körper mit Dampf von einer der beſtehenden Temperatur zugehörigen Dichtigkeit angefüllt, ſo muſs die Verdunſtung aufhören, bis der vorhandene Dampf fortgeführt iſt. Fontana bemerkte in dieſer Beziehung, daſs Waſſer in einem Gefäſse, welches überall verſchloſſen und nur durch einen engen Canal mit Recipienten von beliebiger Weite verbunden iſt, wenig oder gar nicht verdampfen wird, Gay-Lussac[2] aber hat noch eine Menge hierher gehöriger Thatſachen zuſammengeſtellt und daraus gefolgert, daſs die Verdampfung durch einen ſteten Luftſtrom möglich gemacht oder bedeutend verſtärkt wird. Gieſst man Schwefelſäure auf Salpeter, ſo entwickeln ſich beim freien Zutritte der Luft anhaltend ſalpeterſaure Dämpfe, hören aber ſogleich auf, wenn ſich die Luft über der Oberfläche nicht erneuern kann. Unter andern erhielt er 30 Gran trocknes ſalzſaures Kali in einem Platintiegel eine halbe Stunde lang in Fluſs und es verlor nur 0,085 Gr., als ein nicht genau ſchlieſsender Deckel auf dem Tiegel lag, beim freien Zutritte der Luft

---

1 Deſſen Journal für die Chemie und Phyſik. Th. V. S. 663.

2 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. I. p. 204. Gehlen's Journ. Th. V. S. 655.

betrug aber der Verluſt in derſelben Zeit 0,62 Gran, obgleich die Hitze nicht ſo hoch ſteigen konnte, auch ſah man den Dunſt nur dann reichlich, wenn der Deckel weggenommen wurde; man kann daher dieſes und andere Salze durch Anwendung von Hitze ſtark austrocknen, ohne von ihrer Subſtanz beträchtlich zu verlieren, wenn man ſie in leicht bedeckten Tiegeln behandelt. Ebenſo bedarf es zur Bereitung der Zinkblume eines Luftſtromes; Blei, Spieſsglanz und Wismuth dampfen ſtark bei der Rothglühhitze in offenen Gefäſsen und ſcheinen ſonach flüchtig, in verſchloſſenen aber geben ſie kein Sublimat. Aus dieſen und ähnlichen Thatſachen folgt, daſs man den freien oder gehemmten Zutritt der Luft wohl berückſichtigen müſſe, wenn der Grad der Flüſſigkeit einer Subſtanz beſtimmt werden ſoll; auch erklärt Gay-Lussac *hieraus* die Erſcheinung, daſs bei der Deſtillation einer zuſammengeſetzten Subſtanz der flüchtigere Beſtandtheil ſtets eine gewiſſe Menge des minder flüchtigen mit ſich fortreiſst, ſofern ſeine Dämpfe hierbei die Stelle des Luftſtromes vertreten. Wenn hiervon eine Anwendung auf ein Gemiſch von Alkohol und Waſſer gemacht wird, ſofern die erſtere dieſer Flüſſigkeiten bereits ſiedet, während die andere ihren Siedepunct noch nicht erreicht, ſo begreift man bald, daſs der Raum über der Miſchung ſtets Waſſerdämpfe enthalten muſs, wenngleich derſelbe mit Weingeiſtdämpfen erfüllt iſt[1], und die erſtern werden ſich ſtets erneuern, ſo lange ſie durch die Bewegung der *letzteren* mechaniſch fortgeführt werden.

Ein oben bereits beiläufig berührtes Problem, nämlich die *Grenze der Verdunſtung*, iſt von Faraday[2] zum Gegenſtande genauerer Unterſuchungen gemacht worden. Die Dämpfe aller Flüſſigkeiten und überhaupt aller verdunſtenden Körper nehmen durch Verminderung der Wärme nach einem Geſetze ab, welches bei der Unterſuchung des Verhaltens dieſer expanſibeln Körper näher erörtert worden iſt[3]. Aus der Stärke dieſer Abnahme läſst ſich ſchlieſsen, daſs der Dampf aller Körper, insbeſondere derjenigen, die nur bei hohen Temperaturen ſieden, zuletzt eine ſehr geringe Dichtigkeit haben müſſe; ob er

1 S. meine phyſikaliſchen Abhandlungen. S. 356 ff.

2 Philos. Trans. 1827. p. 484. Ann. of Phil. New Ser. T. XII. p. 436. Poggendorff's Ann. IX. 1.

3 S. Art. *Dampf, Dichtigkeit deſſelben.* Bd. II. S. 370.

aber ganz verschwinde und bei gewissen Temperaturen gar keine Verdampfung mehr statt ſinde, ist nicht so leicht auszumitteln. Die analytischen Ausdrücke, wonach die Dichtigkeiten der Dämpfe berechnet zu werden pflegen[1], sind darauf gegründet, daſs die Dichtigkeit des Dampfes eine Function seiner Elasticität sey, und beide müssen daher gleichzeitig verschwinden, nach Poisson's Formel[2] aber würde die Elasticität namentlich des Wasserdampfes erst bei $-266^\circ,67$ C. $=0$ werden, beide Sätze der Natur der Sache völlig angemessen, wenn bei dieser Temperatur, der Voraussetzung nach, der absolute Nullpunct liegt, da bei gänzlichem Mangel von Wärme ein bloſs durch letztere bedingter Körper nicht existiren kann. Ob aber Dämpfe überhaupt und noch mehr ob alle Dämpfe erst bei dieser Temperatur aufhören, ist selbst nicht einmal wahrscheinlich, da einige bei niederen Temperaturen noch eine bedeutende Dichtigkeit, andere aber selbst bei hohen keine meſsbare mehr haben. Die Aufgabe läſst sich weder durch die Erfahrung vollständig lösen, noch mit Hülfe hierüber bekannter analytischer Ausdrücke, denn daſs kein Dampf mehr vorhanden sey, wenn wir seine Elasticität nicht mehr zu messen vermögen, wäre eine unzulässige Folgerung, und die bisher bekannten Formeln zur Berechnung der Dichtigkeiten sind zur Beantwortung der vorliegenden Frage nicht hinlänglich begründet. Faraday's Betrachtungen hierüber führen daher nur zu Wahrscheinlichkeiten. Aus Wollaston's Schlüssen, daſs die Grenze unserer Atmosphäre da seyn müsse, wo die Schwere und Elasticität derselben ins Gleichgewicht kommen, folgert er, daſs ebendieses auch auf Dämpfe anwendbar sey, und daher die Grenze der Verdampfung dann eintrete, wenn die Schwere der Dämpfe ihrer Elasticität gleich sey oder sie zu übertreffen beginne, was dann bei den einzelnen um so eher und bei so viel höheren Temperaturen statt finden müſste, je höher der Siedepunct bei ihnen liegt und je minder dicht daher ihre Dämpfe schon bei mittleren Temperaturen sind. Ob indeſs Wollaston's richtige Schlüsse über die Begrenzung unserer Atmosphäre sich anwenden lassen, um die Grenze der Verdunstung aufzufinden, und ob diejenige Kraft, welche dem Bestreben des

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 332.

2 Ebend. S. 342.

Wärmeſtoffs, ſich mit den verſchiedenſten Körpern zur Erzeugung der Dämpfe zu verbinden, entgegenwirkt, gerade die *Schwere* in eigentlicher Bedeutung ſey, dieſe Frage dürfte wohl allgemein verneint werden, und findet auch darin einen auffallenden Gegengrund, daſs die Schwere ſich überall gleich iſt und daher der ſehr ungleichen Verdampfbarkeit der verſchiedenen Körper auf ganz gleiche Weiſe entgegenwirken müſste, wonach alſo die Urſache der ſo höchſt verſchiedenen Verdunſtbarkeit der Körper bloſs auf dem ungleichen Verhältniſſe ihrer Beſtandtheile zum Wärmeſtoffe beruhn würde. Faraday hat hierbei offenbar überſehn, daſs bei dieſem Proceſſe die ungleiche Stärke der Anziehung zwiſchen den Molecülen der Körper von gröſstem Einfluſſe iſt, was ſchon daraus ſichtlich hervorgeht, daſs im Allgemeinen die ſtärkſte Co*häsion* mit der geringſten Verdampfbarkeit, die gröſste Fluidität aber mit dem ſtärkſten Beſtreben nach Verdunſtung vereint iſt, was ſehr auffallend mit der Hypotheſe von Lavoisier und Laplace übereinſtimmt, wonach die verſchiedene Aggregatform der Körper, mithin auch die ungleiche Verdampfbarkeit derſelben auf dem Conflicte der Attractionskraft ihrer Molecüle und deren Affinität zum repulſiven Wärmeſtoffe beruht, das gröſsere Beſtreben nach Verdunſtung daher von einem Uebergewichte der letztern Kraft über die erſtere abhängen müſste, und alſo die Grenze der Verdunſtung dann eintreten *könnte*, wenn die letztere durch die erſtere ſo weit vermindert würde, daſs die Wärme nicht weiter im Stande wäre, einzelne Molecüle der verſchiedenen Körper zu trennen und mit ſich fortzuführen. Faraday nimmt ſeiner Hypotheſe nach an, daſs ſehr verdünnter Dampf in einem luftleeren Recipienten der Schwere folgen und herabſinken müſſe, allein die bei meinen Verſuchen wahrgenommenen Erſcheinungen[1] ſtreiten hiergegen; denn wie dünn auch der in dem Ballon enthaltene Dampf ſeyn mochte, ſo bewegte er ſich ſtets nach derjenigen Seite hin, wo durch äuſsere Einwirkung Wärme, wenn auch nur im geringen Maſse, entzogen wurde, nach theoretiſchen Gründen aber werden alle Molecüle des Dampfes in einem Recipienten, wo ſie ſich auch befinden mögen, durch die Schwere auf ganz gleiche Weiſe afficirt, da die

1 *Phyſikaliſche* Abhandlungen a. a. O.

Digitized by Google

Entfernung vom Mittelpuncte der Erde bis auf eine verschwindende Gröſse bei allen gleich ist und wir nach den gangbaren Begriffen über die Dämpfe den ganzen eingeschlossenen Raum mit ihnen erfüllt uns vorstellen müssen, ohne eine gröſsere Dichtigkeit derselben im untern als im obern Theile des Raumes anzunehmen. Als interessante und über das vorliegende Problem Belehrung ertheilende Thatsachen führt Faraday an, daſs z. B. Silber in starker Weiſsglühhitze merklich verdampft, in geringerer Glühhitze aber so wenig, daſs die empfindlichsten Reagentien keine Spur von Dampf bemerken lassen, woraus zu schlieſsen ist, daſs die Grenze der Verdunstung bei diesem Metalle schon in beträchtlich hoher Temperatur eintritt. Quecksilberdämpfe werden, wie bereits erwähnt worden, bei — 6°,67 Wärme nicht mehr wahrgenommen, auch fand H. Davy[1], daſs der Durchgang der Elektricität durch die Torricelli'sche Leere und das Licht derselben in dieser sich zwischen — 7° und — 28° C. nicht ändere, weswegen die Grenze der Verdunstung dieses Metalls bei der erstern Temperatur zu setzen wäre. Bellani[2] hing einen Streifen polirtes Zink in einer Flasche über etwas concentrirter Schwefelsäure auf, deren Siedepunct bei 313° C., also dem des Quecksilbers nahe liegend, gesetzt wird, und fand nach zwei Jahren keine Veränderung der Zinkplatte, woraus hervorzugehn scheint, daſs bei der angewandten Temperatur keine Verdampfung der Schwefelsäure statt findet.

Faraday nimmt an, daſs auſser der Schwere bei der Verdampfung noch die *Cohäsion* wirksam sey. Er brachte in das untere Ende eines Glasröhrchens einige Stücke Campher, machte es luftleer, schmolz das obere Ende zu und bedeckte dieses mit etwas stets naſs erhaltenem Flieſspapier. In Folge der Abkühlung bildeten sich nach einigen Tagen Krystalle, aber nur einige wenige, und der entstandene Dampf muſste daher von diesen stets aufgenommen werden. Hieraus folgert er, daſs der Campherdampf zwar in Berührung mit dem Glase expandirt bleibt, seine Elasticität aber in der Berührung mit einem bereits gebildeten Krystalle verliert, weil die Expansion des Dampfes durch die Berührung eines bereits erstarrten

1 Philos. Trans. 1822. p. 71.
2 Brugnatelli Giornale di Fisica cet. T. V. p. 197.

Stückes Campher in Folge einer Kraft, die er Cohäsion nennt, überwunden und vernichtet wird. Aehnliche Erscheinungen bieten das Iod, Calomel, ätzendes Sublimat, Antimonoxyd, Naphthalin, Oxalsäure und andere Körper dar. Wollen wir die hierbei unverkennbar sich thätig zeigende Kraft auch nicht Cohäsion nennen, sondern allgemein *Attraction*, so ist nicht in Abrede zu stellen, daſs eine solche, die auch die Krystallbildung in tropfbaren Flüssigkeiten bedingt, wirklich in der Natur vorhanden sey und dem Bestreben nach Verdampfung entgegenwirke. Nach diesem allen wird es höchst wahrscheinlich, daſs die von Faraday angenommene *Grenze der Verdunstung* wirklich existirt und bei einigen Körpern, als Quecksilber, Schwefelsäure u. s. w., welche erst über 300° C. sieden, schon über oder nahe unter dem Gefrierpuncte des Wassers, bei anderen flüchtigern aber tiefer liegt.

Ein specieller, vorzugsweise vielfach bearbeiteter Zweig der Untersuchungen über die Verdunstung bezieht sich auf die des *Wassers* auf der Oberfläche unserer Erde, deren Gröſse man auszumitteln suchte, um aus den Resultaten die Menge des herabfallenden hydrometeorischen Wassers zu erklären. Die meisten der für diesen Zweck bestimmten Versuche wurden mit *Atmidometern* angestellt, allein es ist oben [1] gezeigt worden, daſs diese Apparate diejenigen Bedingungen nicht erfüllen können, welche beim gewöhnlichen Verdunsten auf der Oberfläche unserer Erde, die bald kahl, bald mit Vegetabilien oder einer weiten Wasserfläche bedeckt ist, statt finden, es können daher nur genäherte Werthe erhalten werden, aus denen jedoch hervorgeht, daſs der Ursprung der Quellen und die Hydrometeore hieraus sich befriedigend erklären lassen. Alles hydrometeorische Wasser, welches auf kahle oder mit niedrigen Pflanzen bedeckte Ebenen herabfällt, wird durch Verdunstung gröſstentheils wieder entfernt, und die Stärke der letzteren ist meistens geringer, als sie seyn könnte, wenn der Boden feuchter wäre; was aber auf Berge fällt, insbesondere auf bewaldete, läuft herab oder sinkt in die Erde, und bildet auf diese Weise die zahlreichen Quellen. Statt genauer Maſsbestimmungen lassen sich daher nur die wichtigsten Versuche beibringen,

1 S. Art. *Atmometer*. Bd. I. S. 432.

aus denen jedoch das oben ausgesprochene Resultat genügend hervorgeht.

Einer der Ersten, welcher Versuche über die Verdunstung anstellte, um daraus die wässerigen Meteore und hauptsächlich den Ursprung der *Quellen*[1] abzuleiten, war Halley[2]. Dieser setzt die Stärke der Verdunstung in der wärmsten Jahreszeit täglich auf 0,1 engl. Zoll, und berechnet, insbesondere mit Rücksicht auf die See, daſs hierdurch eine genügende Menge Wasser gegeben wird, um daraus die Hydrometeore und den Ursprung der Quellen zu erklären. Crucquius[3] bestimmt die Stärke der Verdunstung für Holland jährlich zu 26 Zoll, Wallerius[4] für Schweden um das Ende des Juni täglich zu 0,25 Zoll. Die früher am meisten benutzten Messungen sind die von Sedileau[5] zu Paris mit einem gewöhnlichen Atmometer angestellten, wonach er im Jahre 1689 für die einzelnen Monate in altpariser Fuſsmaſs erhielt:

Januar . .	0 Zoll	6,25 Lin.	Juli . . .	4 Zoll	7,50 Lin.
Februar . .	0 —	7,00 —	August .	4 —	4,50 —
März . . .	1 —	7,75 —	September	2 —	9,00 —
April . . .	2 —	7,00 —	October .	1 —	1,25 —
Mai . . .	5 —	1,00 —	November	0 —	8,67 —
Juni . . .	4 —	2,25 —	December	0 —	6,25 —

Der ganzjährige Betrag der Verdunstung zu Paris wäre hiernach also 28 Z. 8,42 Lin. Gehler[6] gründet hierauf eine Berechnung der mittleren Verdunstung auf der ganzen Erdoberfläche, die ich aber weglasse, weil die dabei zum Grunde gelegten Gröſsen allzu schwankend sind. Wir dürfen mit Sicherheit annehmen, daſs in ebenen, bebauten Gegenden die jährliche Verdunstung nicht gröſser sey, als die Menge des herabfallenden hydrometeorischen Wassers beträgt, und bei

1 S. Art. *Quelle.* Bd. VIII. S. 1024.

2 Philos. Trans. 1687. T. XV. N. 189. 192. T. XVI. p. 468. Vergl. T. XVIII. N. 212. p. 183.

3 Philos. Trans. N. 381.

4 Schwedische Abhandl. D. Ueb. 1739.

5 Mém. de l'Acad. de Paris. 1692.

6 Alte Ausg. Bd. IV. S. 206.

Digitized by Google

der Unvollkommenheit der Verdunstungsmesser ist es daher am sichersten, die letztere Gröſse bei den Maſsbestimmungen hierüber zum Grunde zu legen. Da aber die jährliche Regenmenge zu Paris[1] nach Arago nur 17,91, nach Gasparin aber 20,8 Par. Zoll beträgt, so ergiebt sich hieraus, daſs Sedileau's Versuche, so wie alle mit den gewöhnlichen Atmometern angestellte, keine richtigen Gröſsenbestimmungen geben können. Aus dieser Ursache erhielten auch Daniell[2] und Bostock[3] aus ihren Versuchen, wobei sie sich eines silbernen Gefäſses bedienten, keine ihnen selbst genügenden Resultate.

Wie unvollkommen aber die Aufklärungen seyn mögen, die man vermittelst der gewöhnlichen Atmometer über die Gröſse der Verdunstung, namentlich über die mittlere ganzjährige zu erhalten vermag, so wollen wir dennoch einige weitere Erfahrungen hierüber zusammenstellen, weil diese mindestens eine Vergleichung unter einander gestatten und zugleich den Einfluſs der verschiedenen mitwirkenden Bedingungen überblicken lassen. Nach Kirwan[4] betrug die Verdunstung bei seinem Atmometer von 25,23 engl. Quadratzoll Fläche in einer Stunde im Maximum bei 20°,27 C. Wärme 45 Grains und im Minimum nur 2 Grains. Für das ganze Jahr berechnet er die Höhe der verdunsteten Wassermasse zu 15,76 engl. Zoll, welches der Regenmenge trockner Jahre in England gleich kommen soll. Ganz anders ist das Resultat, welches Dobson[5] zu Liverpool in den Jahren 1772 bis 1775 mit einem runden, 12 Z. im Durchmesser haltenden Atmometer erhielt, wobei er den Abgang stets durch hinzugegossenes Wasser wieder ersetzte. Die so gemessene Verdunstung betrug im Mittel

1 S. Art. *Regen*. Bd. VIII. S. 1314.
2 Journ. of Science, Lit. and Arts. N. 33.
2 London Journ. of Science. N. 36.
4 On the Variations of the Atmosphere. Dublin 1801. Ch. I.
5 Philos. Trans. T. LXVII.

Januar . .	1,50	engl.	Zoll.	Juli . . .	5,11	engl.	Zoll.
Februar .	1,74	—	—	August .	5,01	—	—
März . . .	2,64	—	—	September	3,18	—	—
April . . .	3,30	—	—	October	2,51	—	—
Mai . . .	4,34	—	—	November	1,51	—	—
Juni . . .	4,41	—	—	December	1,49	—	—

im ganzen Jahre also 36,78 engl. Zoll, statt daſs die Regenmenge 37,48 engl. Z. betrug. Dalton[1] maſs während drei Jahren die Verdunstung zu Manchester mittelst eines runden Atmometers von 10 Zoll Durchmesser und erhielt folgende Gröſsen, wobei jedoch die vier ersten und der letzte Monat bloſs nach Schätzung bestimmt sind.

Januar . . .	1,500	Zoll	Juli . . .	6,628	Zoll
Februar . . .	2,000	—	August . .	6,058	—
März	3,500	—	September	3,398	—
April	4,500	—	October . .	2,351	—
Mai	4,959	—	November	2,042	—
Juni	6,487	—	December	1,500	—

im Ganzen 44,4 Zoll, also beträchtlich mehr, als die mittlere Regenmenge daselbst, die nur zu etwa 34 Zoll angegeben wird. Von Schübler's[2] zahlreichen Beobachtungen erwähne ich nur, daſs hiernach die ganzjährige Verdunstung, mit einem im Schatten stehenden Atmometer gemessen, im Jahre 1827 zu Tübingen 28 Z. 0,6 Lin., zu Babenhausen 26 Z. 2,16 Lin. Par. Maſs, im Jahre 1826 aber dort 20 Z. 5,4 Lin., hier 20 Z. 1,6 Lin. betrug, und daſs er die Ursache dieser Ungleichheit in den vorherrschenden trocknen Winden zu finden glaubte. Vom Jahre 1828 hat derselbe die Gröſse der monatlichen und der mittleren täglichen zu Tübingen angegeben[3].

1 Memoirs of the Soc. of Manchester. T. V. p. 666. G. XV. 201.

2 Schweigger's Journ. Th. LIV. S. 219.

3 Ebendaselbst Th. LVIII. S. 208.

Digitized by Google

	Verdunstung monatl.	Verdunstung tägl.		Verdunstung monatl.	Verdunstung tägl.
Januar	16,3 Lin.	0,53 Lin.	Juli . . .	44,5 Lin.	1,43 Lin.
Februar	8,7 —	0,30 —	August .	37,9 —	1,22 —
März	19,6 —	0,63 —	September	31,7 —	1,05 —
April	34,5 —	1,15 —	October	15,8 —	0,51 —
Mai	44,4 —	1,43 —	November	7,1 —	0,23 —
Juni	44,6 —	1,48 —	December	8,9 —	0,29 —

Im Ganzen betrug also die Höhe der im Jahre verdunsteten Wassermenge 26,18 Par. Zoll und die mittlere tägliche 0,86 Par. Linien. Werden die drei Jahre zur Vergleichung zusammengestellt, so ergiebt sich zu Tübingen:

für 1826	. . .	20,45	Par. Zoll
— 1827	. . .	28,05	— —
— 1828	. . .	26,18	— —

welches im Mittel der Menge des dort herabfallenden hydrometeorischen Wassers ungefähr gleich ist. Schübler bemerkt indeſs, daſs im letzten Jahre die Gröſse der Verdunstung die des herabgefallenen Regen- und Schneewassers etwas übertroffen habe, und überhaupt wird hieraus ersichtlich, daſs, wie die Regenmenge und mittlere Temperatur, so auch die Gröſse der Verdunstung nicht in allen Jahren gleich ist. In heiſseren Gegenden ist die Verdunstung ungleich stärker, wie kaum zu erwähnen nöthig scheint, da die Gröſse der Verdunstung überhaupt der Höhe der Temperatur in einem noch nicht genau bestimmten Verhältnisse proportional ist; jedoch darf auch als bekannt vorausgesetzt werden, daſs die vorherrschende Feuchtigkeit oder Trockenheit des Klima's hierauf einen bedeutenden Einfluſs äuſsert, weswegen an einigen Orten, namentlich in den südamericanischen Waldungen, Holz und Elfenbein nicht im trocknen Zustande zu erhalten sind, statt daſs in manchen Wüsten thierische Körper nicht faulen, sondern vertrocknen. Dürfte man voraussetzen, daſs die umgebende Luft stets trocken wäre und die Winde keinen Einfluſs äuſserten, so lieſse sich die Menge des erzeugten Dampfes aus den Dichtigkeiten desselben bei den jedesmaligen Temperaturen bestimmen. Dieser Satz, welcher aus der Theorie folgt, wird

Digitized by Google

durch DALTON's[1] Versuche bestätigt, und DANIELL[2] hat hiernach eine Tabelle der Wassermenge berechnet, welche in einer Minute bei verschiedenen Temperaturen verdunstet, aus den angegebenen Ursachen kann diese aber von keinem praktischen Nutzen seyn, da die vorausgesetzten Bedingungen der Trockenheit und sich stets gleichen Bewegung der Luft keineswegs als statt findend anzunehmen sind.

Die Gröſse der Verdunstung bei Wasserflächen lieſse sich hiernach also noch am leichtesten berechnen; schwieriger dürfte es seyn, sie bei der Erdoberfläche auf ein genaues Maſs zurückzubringen, und die Schwierigkeit wächst, da der Boden rücksichtlich der Kraft, seine Feuchtigkeit zurückzuhalten, höchst verschieden ist, abgerechnet daſs der Umstand, ob er mit niedrigern oder höhern Pflanzen bedeckt ist, einen bedeutenden Unterschied herbeiführt. Der nackte und unbeschattete Erdboden verdunstet stärker, als eine Wasserfläche, weil die rauhe Oberfläche mehr Berührungspuncte darbietet und die auffallenden Sonnenstrahlen eine gröſsere Erhitzung erzeugen; daher das schnelle Austrocknen der Felder, Wege u. s. w. nach einem Regen bei nachfolgendem Sonnenschein. Pflanzen und Bäume schützen den Boden gegen die Erwärmung, die hydrometeorischen Wasser dringen daher in denselben ein und erzeugen dadurch die Quellen. Dennoch wird allgemein behauptet, daſs mit Pflanzen bedeckte Flächen eine stärkere Verdunstung geben, als nackte, weil die Pflanzen wegen der groſsen, der Luft dargebotenen Oberfläche so ausnehmend stark verdunsten, ein Resultat, welches nur dann statt finden kann, wenn wir annehmen, daſs die Vegetabilien auſser dem Wasser, welches sie durch die Wurzeln aufsaugen, auch noch eine beträchtliche Menge aus der Luft aufnehmen. Rücksichtlich der Thatsache selbst erwähnt MUSSCHENBROEK[3] die starke Verdunstung der Pflanzen, bemerkt jedoch, daſs gemachten Erfahrungen gemäſs[4] zwar die meisten Pflanzen sehr stark, einige dagegen nur wenig und einige sogar überhaupt nicht die Verdunstung begünstigen. Am bekanntesten ist die

1 G. XV. 24. XVII. 65.
2 Meteorolog. Essays. p. 164.
3 Introductio in Phil. Nat. T. II. §. 2297.
4 Hist. de l'Acad. de Par. 1749. p. 382.

Digitized by Google

Bestimmung von Hales[1], wonach die Verdunstung einer Son- nenblume (*helianthus annuus*) von 3,5 Fuſs Höhe an einem Sommertage 1,25 ℔., also ebenso viel, als die einer nackten Erdfläche von 3 Quadratfuſs, betragen soll. Kirwan[2] nimmt gleichfalls an, daſs die Verdunstung einer mit Pflanzen bedeckten Fläche stärker sey, als die einer nackten, und nach den Versuchen von Williams[3] verdunstet eine waldige Gegend ein Drittel mehr, als eine gleich groſse Wasserfläche, Moreau de Jonnès[4] aber giebt nach Versuchen an, daſs ein Eupatorium, 2,66 Gramme schwer, in 30 Tagen 204 Gramme verdunste, ein Goyarabaum von gleichem Gewichte aber nur 100 Gramme in gleicher Zeit. John Dalton[5] dagegen ist anderer Ansicht, aber in Folge von Versuchen, welche mehr Gewicht haben, als die bisher angegebenen. Watson fand, daſs in einer dürren Zeit von einem kurz vorher abgeschornen Graslande täglich etwa 0,07 Zoll Wasser verdunstete. Nimmt man diese Gröſse als Mittelwerth für die tägliche Verdunstung im Mai, Juni, Juli und August, und setzt man die jährliche Verdunstung doppelt so groſs, als die in diesen 4 Monaten, so betrüge sie gegen 18 Zoll, also nur die Hälfte der mit dem Atmometer beobachteten und 6 Zoll weniger, als die jährliche Regenmenge. Eine Vorrichtung, welche Dalton selbst hergestellt hatte, um die Verdunstung des Erdbodens zu messen, bestand aus einem 3 Fuſs tiefen, aber nur 10 Z. weiten, mit Erde gefüllten und in den Boden gesenkten Gefäſse von Eisenblech. Mit diesem sollte aber zugleich die Menge des nicht verdunstenden, und daher zur Speisung der Quellen dienenden Wassers gemessen werden, zu welchem Ende das überflüssige Wasser aus einem Röhrchen in ein Gefäſs ablief. Abstrahiren wir von der Abänderung der gewöhnlichen Beschaffenheit des Erdbodens, welche hierdurch und durch die nur 3 Fuſs betragende Tiefe des Gefäſses hervorgebracht wurde, so ergab sich im Mittel aus dreijährigen Messungen die Gröſse der Verdunstung = 25,148 Zoll und die Regenmenge

1 Vegetable Statics. §. 1.

2 A. o. a. O.

3 Transact. of the Soc. of Philad. T. II. p. 150.

4 Ueber die Veränderungen, die durch Ausrottung der Wälder u. s. w. entstehn. Deutsche Ueb. Tüb. 1828. S. 125.

5 Manchester Memoirs. T. V. p. 346. G. XV. 265.

Digitized by Google

= 29,915 Z., woraus also folgen würde, daſs der Unterschied = 4,767 Z. zur Speisung der Quellen dient. Ist gleich diese Folgerung nicht völlig begründet, so giebt sie doch wenigstens irgend einen Anhaltpunct, und auſserdem war die zum Messen der Verdunstung dienende Fläche eine Zeit lang nackt, zu einer andern Zeit mit Gras und Kraut bewachsen, ohne daſs dieses auf die Gröſse der Verdunstung einen merklichen Unterschied hervorbrachte. Wir können also aus diesen Versuchen schlieſsen, was auch aus andern Gründen wahrscheinlich ist, daſs die Menge des verdunstenden Wassers bei nacktem Boden von der bei bewachsenem, wenn Gras und niedrige Kräuter darauf stehn, nicht abweicht.

Wie begierig die Wärme sich mit den verdampfbaren Körpern verbindet, ersieht man daraus, daſs die Luft sofort einen Theil ihrer freien Wärme abgiebt, um mit den ihr zugänglichen Flüssigkeiten sich zu Dampf zu verbinden. Hieraus entsteht das, was man *Verdunstungskälte* zu nennen pflegt, wovon im Art. *Wärme* die Rede seyn wird.

M.

Verfinsterung.

Finsterniſs; *Eclipsis*; Éclipse; *Eclipse.*

Wir tragen hier noch dasjenige nach, was oben im Art. *Finsterniſs*, wo bloſs das Allgemeine dieser interessanten Erscheinungen und auch dieses nur nach der älteren Methode mitgetheilt wurde, im Rückstande geblieben ist. Der würdige, leider zu früh aus unserer Mitte geschiedene Verf. jenes Artikels war der Ansicht, daſs eine Anleitung zur strengen Berechnung der Finsternisse in diesem Werke nicht gegeben werden könne, weil sie allemal weitläufig ausfallen würde. Die Folge wird aber zeigen, ob diese Meinung gegründet ist, und ob nicht die analytische Darstellung dieses Gegenstandes kürzer, deutlicher und zugleich genügender ist, als alle jene sogenannten populären Betrachtungen, die gewöhnlich nur die Oberfläche der Sache berühren und den Leser nicht in den Stand setzen, dieselben auf specielle Fälle anzuwenden oder die auf diesem Wege begonnenen Untersu-

Digitized by Google

chungen selbst weiter zu führen. Die Physik hat, gleich der Astronomie, obschon viel später, auch eine rein mathematische Unterlage erhalten, ja sie ist erst seitdem in die Reihe der eigentlichen Wissenschaften eingetreten, und es hieſse den Werth einer solchen Basis verkennen, wenn man sie fortan nicht überall, wo sie hingehört, anwenden wollte.

I. Mondfinsterniſse.

Gleich unserem Vorgänger beginnen auch wir mit den Finsternissen des Monds, da ihre Berechnungen von allen die einfachsten sind. Wir nennen hier und im Folgenden a und p die wahre (geocentrische) Rectascension und Poldistanz, x die Aequatorial-Horizontalparallaxe, m den geocentrischen *Halbmesser* und r die Distanz des Monds von der Erde; für das andere Gestirn, das hier gewöhnlich die Sonne ist, bezeichnen wir dieselben Gröſsen nach der Reihe durch α, π, ξ, μ und ϱ. Die stündlichen Aenderungen dieser Gröſsen aber wollen wir durch die Differentialformen ∂a, ∂p, $\partial \alpha$... ausdrücken.

Die Mondfinsterniſse haben[1] immer nur zur Zeit des Vollmonds statt, und es ist gezeigt worden, wie man sich überzeugen kann, ob zur Zeit eines gegebenen Vollmonds eine *Finsterniſs* eintritt oder nicht. Für den ersten Fall sey t die *Zeit der wahren* Opposition beider Gestirne, die man aus den *astronomischen Ephemeriden* durch eine einfache Proportion finden kann. Für diese Zeit der Opposition ist also $a = 180° + \alpha$. Sey noch $\pi - p$ die Differenz der Poldistanzen beider Gestirne für dieselbe Zeit. Am einfachsten ist es, die Sonne oder eigentlich die Erde ruhn zu lassen und dafür dem Monde die Differenz der Bewegungen beider Gestirne (in Rectascension und Declination) zu geben, wodurch offenbar das Phänomen, wie es uns erscheint, nicht geändert wird. Auch wollen wir diese in Beziehung auf die ruhende Erde von dem Monde beschriebene Bahn oder diese *relative Bahn des Monds* für die kurze Zeit der Dauer einer Finsterniſs als geradlinig annehmen, was ebenfalls ohne merklichen Fehler erlaubt seyn wird, da bei Bestimmungen dieser Art selten

1 Vergl. Art. *Finsterniſs*. Bd. IV. S. 251.

Digitized by Google

eine so groſse Genauigkeit gefordert wird, daſs die geringe Krümmung dieser Bahn eine besondere Berücksichtigung verdiente.

Fig. 250. Sey nun C der Mittelpunct des kreisförmigen Schnitts EDF, der entsteht, wenn der Schattenkegel der Erde durch eine Ebene geschnitten wird, die durch den Mittelpunct des Monds senkrecht auf die Axe dieses Kegels geht. Es stelle AMB die relative Bahn des Monds vor, und es sey CB senkrecht auf dem Aequator AC, so wie CM senkrecht auf der relativen Bahn AB. Dieses vorausgesetzt suche man zuerst die Neigung $BAC = n$ der relativen Bahn des Monds und die kürzeste Distanz $CM = e$ der Mondbahn von dem Mittelpuncte C des Schattenschnitts. Nehmen wir an, der Mond gehe in dieser relativen Bahn während einer Stunde durch den Weg ab. Man ziehe ac parallel mit AC und bc senkrecht auf ac, so ist $bc = \partial\pi - \partial p$ die relative stündliche Bewegung des Monds in Poldistanz, und da der Mond im Allgemeinen auſser dem Aequator liegt und von demselben um die Gröſse $90^0 - \pi$ absteht, so ist $ac = (\partial a - \partial\alpha)\,\mathrm{Sin.}\,\pi$ die relative stündliche Bewegung des Monds in Rectascension. Da nun der Winkel bac gleich BAC oder gleich n ist, so hat man in dem Dreiecke abc sofort

$$\mathrm{Tang.}\,n = \frac{\partial\pi - \partial p}{(\partial a - \partial\alpha)\,\mathrm{Sin.}\,\pi} \quad \ldots \quad (A)$$

und dadurch ist die Neigung n der relativen Mondbahn gegeben. Da nun der Mittelpunct des Monds zur Zeit t seiner Opposition im Puncte B ist, so hat man $BC = \pi - p$, und da überdieſs der Winkel $BCM = BAC = n$ ist, so ist auch

$$e = (\pi - p)\,\mathrm{Cos.}\,n \quad \ldots \quad (B)$$

wodurch also auch die kürzeste Distanz e gegeben wird. Auch ist

$$ab = \frac{\partial\pi - \partial p}{\mathrm{Sin.}\,n}$$

die stündliche relative Bewegung des Monds in seiner Bahn AB, so daſs man daher jeden Bogen dieser Bahn nur durch die Gröſse $\frac{1}{ab}$ oder durch

Digitized by Google

$$h = \frac{\text{Sin. } n}{\partial \pi - \partial p}$$

zu multipliciren braucht, um sofort auch die *Zeit* zu erhalten, in welcher dieser Bogen vom Monde beschrieben wird. Nennen wir nun R den Halbmesser jenes Schattenschnitts, wie er von der Erde aus gesehn wird. Um diese Gröſse zu bestimmen, sey S der Mittelpunct der Sonne, T der Erde und M des Monds. Zieht man die Sonne und Erde berührende Gerade stA, und Mm senkrecht auf STA, so ist der Winkel MTm gleich diesem scheinbaren Halbmesser R des Schattenschnitts Mm oder es ist, wenn man die Linie sTD durch den Mittelpunct der Erde zieht, Fig. 251.

$$R = MTm = DTm - DTM.$$

Aber

$$DTm = Tms + Tsm,$$

das heiſst, nahe

$$DTm = x + \xi,$$

und

$$DTM = sTS = \mu,$$

also auch[1]

$$R = x + \xi - \mu.$$

Sey nun wieder C der Mittelpunct des Schattenschnitts EKF und AK die relative Bahn des Monds. Man ziehe CB senkrecht auf AE, und CM senkrecht auf AK, so ist der Mittelpunct des *Monds* zur Zeit der Opposition in B und zur Zeit der *Mitte* der *Finsterniſs* in M, wo die Sehne HK der Mondbahn in M *halbirt* wird. Dieses vorausgesetzt hat man in dem rechtwinkligen Dreiecke CMB, da nach dem Vorhergehenden $BC = \pi - p$ und $BCM = n$ ist, Fig. 252.

$$BM = BC \text{ Sin. } BCM$$

oder

$$BM = (\pi - p) \text{ Sin. } n,$$

also auch die Zeit, die der Mond braucht, diesen Bogen BM mit seiner relativen Bewegung zu durchlaufen, gleich

$$h.(\pi - p) \text{ Sin. } n.$$

Dieses ist aber die Zeit zwischen der Opposition in B und der Mitte der Finsterniſs in M, so daſs man daher, da die Zeit t

---

1 Vergl. Bd. IV. S. 253.

der Opposition bereits bekannt ist, für die Zeit Θ der Mitte der Finsterniſs hat

$$\Theta = t \pm h.(\pi - p) \text{ Sin.} n \ . \ . \ . \quad (C)$$

wobei das obere oder untere Zeichen gilt, je nachdem die Mitte der Finsterniſs nach oder vor der Opposition fällt.

Dieser Punct M der Mitte der Finsterniſs ist zugleich der Ort, wo der Mond am stärksten oder um die Gröſse LD verfinstert wird. Um diese *Gröſse der Finsterniſs* zu finden, hat man

$$LD = CD - CL. \quad \text{Aber } CL = CM - LM,$$

also auch

$$LD = CD + LM - CM$$

oder

$$LD = R + m - e.$$

Gewöhnlich drückt man diese Gröſse der Finsterniſs nicht in Minuten oder Secunden, wie es hier geschehn ist, sondern in Zollen aus, indem man dem Halbmesser des Monds sechs Zoll giebt. Auf diese Weise wird demnach die Gröſse der Finsterniſs

$$LD = (R + m - e)\frac{6}{m} \text{ Zoll}$$

betragen.

Um nun auch den Anfang und das Ende oder allgemein diejenige Zeit der Finsterniſs zu finden, wo die Verfinsterung des Mondes ω Zoll beträgt, sey für diese Zeit der Mittelpunct des Mondes in M′ und der Winkel MCM′ = u. Man hat demnach

$$\text{Cos. } u = \frac{e}{CM'} = \frac{e}{R - D'M'} = \frac{e}{R - (D'L' - L'M')} .$$

Aber

$$L'M' = m$$

und

$$D'L' : m = \omega : 6 \text{ oder } D'L' = \frac{m\omega}{6},$$

also auch

$$\text{Cos. } u = \frac{e}{R + m - \frac{m\omega}{6}} \ . \ . \ . \quad (D).$$

Kennt man aber so den Winkel (D), so erhält man auch den Bogen MM′ durch die Gleichung

$$MM' = CM \text{ Tang.} u = e \text{ Tang.} u,$$

und daher ist die Zeit T der Verfinsterung des Monds von ω Zollen

$$T = \Theta \pm h . e \text{ Tang.} u \; . \; . \; . \quad (E).$$

Für den Anfang und das Ende der partiellen Finsterniſs hat man $\omega = 0$, für Anfang und Ende der totalen Finsterniſs $\omega = 12$, für den Ein- und Austritt des Mondcentrums in den Erdschatten ist $\omega = 6$ u. s. w. Durch die Gleichungen (A) bis (E) werden *alle* Fragen gelöst, die man über die Mondfinsternisse aufstellen kann. Diese Gleichungen lassen sich, wie man sieht, auf eine einzige zurückbringen, wenn man bereits *die zwei* Gröſsen n und e kennt, nämlich auf die Gleichung

$$T = t \pm h . (p - \pi) \text{ Sin.} n \pm h . \sqrt{\left(R + m - \frac{m\omega}{6}\right)^2 - e^2},$$

welche die Zeit T der Finsterniſs von ω Zollen giebt. Für den Anfang und das Ende der partiellen Finsterniſs ist $\omega = 0$, für Anfang und Ende der totalen $\omega = 12$, für den Ein- und Austritt des Mondmittelpuncts in den Schatten ist $\omega = 6$, und für die Mitte der Finsterniſs oder für die Zeit der gröſsten Verfinsterung ist $\omega = \frac{6}{m}(R + m - e)$, wo dann dieser letzte Werth von ω *selbst* die Gröſse der Verfinsterung bezeichnet.

II. Sonnenfinsternisse im Allgemeinen.

Wenn man die Erscheinungen einer Sonnenfinsterniſs für die ganze Oberfläche der Erde im Allgemeinen sucht, so werden die vorhergehenden Ausdrücke mit einigen geringen Aenderungen auch hier ihre Anwendung finden. Da die Sonnenfinsternisse nur zur Zeit des Neumonds entstehn können, wo der Mond zwischen uns und die Sonne tritt, so wird man für sie zuerst die Zeit t der *Conjunction* suchen, wo $a = \alpha$ ist. Behalten wir dann die oben gewählten Zeichen bei, so erhält man wieder n und e durch die Gleichungen

$$\text{Tang.} n = \frac{\partial \pi - \partial p}{(\partial a - \partial \alpha) \text{ Sin.} \pi} \dots (A') \text{ und } e = (\pi - p) \text{ Cos.} n \dots (B').$$

Fig. 253. Bezeichnen nun L, S und T den Mittelpunct des Monds, der Sonne und der Erde und stellt A den Beobachter auf der Oberfläche der Erde dar, so ist ALT=x die Horizontalparallaxe des Monds und AST=ξ die der Sonne. Ferner ist LAS=u die scheinbare Entfernung der Sonne und des Mondes, wie sie von dem Beobachter auf der Erde gesehn wird, LTS=y aber die geocentrische Entfernung dieser beiden Gestirne, wie sie einem Beobachter im Mittelpuncte der Erde erscheinen würde. Da aber in jedem Dreiecke der äuſsere Winkel gleich den zwei innern entgegengesetzten ist, so hat man

$$u+x=y+\xi,$$

also auch

$$y=u+x-\xi.$$

Für den Anfang oder das Ende der partiellen Finsterniſs ist $u=m+\mu$, also auch

$$y=m+\mu+x-\xi;$$

für den Anfang und das Ende der totalen Finsterniſs ist $u=m-\mu$, also auch

$$y=m-\mu+x-\xi;$$

für den Augenblick der centralen Finsterniſs ist $u=0$, also auch

$$y=x-\xi \text{ u. s. w.}$$

Dieses vorausgesetzt hat man also, wie zuvor, für die Zeit Θ der Mitte der Finsterniſs

$$\Theta=t\pm(\pi-p)\,h\,\mathrm{Sin.}\,n \quad . \; . \; . \quad (C')$$

und setzt man dann

$$\mathrm{Cos.}\,u=\frac{e}{m+\left(1-\frac{\omega}{6}\right)\mu+x-\xi} \quad . \; . \; . \quad (D'),$$

so hat man für die Zeit T einer Finsterniſs von ω Zollen

$$T=\Theta\pm h.e\,\mathrm{Tang.}\,u \quad . \; . \; . \quad (E')$$

wo wieder

$$h=\frac{\mathrm{Sin.}\,n}{\partial\pi-\partial p} \text{ ist.}$$

Für den Anfang und das Ende der partiellen Finsterniſs ist wieder $\omega=0$, für die totale Finsterniſs ist $\omega=12$, für die centrale ist $\omega=\frac{6}{\mu}(m+\mu)$ oder $\mathrm{Cos.}\,u=\frac{e}{x-\xi}$ u. s. w., wo

hier der Halbmesser der *Sonne* in sechs Zoll getheilt vorausgesetzt wird.

Im Vorhergehenden ist, der gröſsern Allgemeinheit wegen, der Aequator allen Rechnungen zum Grunde gelegt worden. Wählt man dafür die Ekliptik, so werden a, α die Längen und p, π die Poldistanzen des Monds und der Sonne von dem Pole der Ekliptik bezeichnen, wo also $\pi = 90^\circ$ und $\partial\pi = 0$ gesetzt wird.

Alle vorhergehende Rechnungen setzen voraus, daſs an dem gegebenen Tage des Voll- oder Neumonds eine Finsterniſs auch in der That statt habe. Wenn dieses nicht der Fall ist, so wird auch in den obigen Ausdrücken für Cos. u diese Gröſse die Einheit überschreiten, zum Zeichen, daſs u imaginär ist oder daſs keine Finsterniſs statt haben kann. Die hierher gehörenden Unterscheidungen sind schon oben[1] auseinandergesetzt worden. Kürzer noch läſst sich der Gegenstand so ausdrücken. Ist u die Entfernung des Monds (zur Zeit der Opposition bei einer Mondfinsterniſs und zur Zeit der Conjunction bei einer Sonnenfinsterniſs) von seinem nächsten Knoten mit der Ekliptik, so hat man zur Entscheidung der Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Mondfinsterniſs

$$\text{Sin.}\,u = \frac{\text{Sin.}\,(m - \mu + x + \xi)}{\text{Sin.}\,n}$$

und ebenso für eine Sonnenfinsterniſs

$$\text{Sin.}\,u = \frac{\text{Sin.}\,(m + \mu + x - \xi)}{\text{Sin.}\,n}.$$

Da die Gröſsen m, x und ebenso μ, ξ veränderlich sind, so wird man für sie ihre gröſsten und kleinsten möglichen Werthe wählen und damit die Werthe von u berechnen. Man findet auf diese Weise für Mondfinsternisse, daſs sie gewiſs statt haben, wenn zur Zeit der Opposition u kleiner ist als $9^\circ\ 31'$, und daſs eine Finsterniſs unmöglich ist, wenn u gröſser als $12^\circ\ 4'$ ist. Eine Sonnenfinsterniſs aber hat gewiſs statt, wenn zur Zeit der Conjunction in Länge u kleiner ist, als $15^\circ\ 24'$, und sie ist unmöglich, wenn u gröſser ist, als $18^\circ\ 22'$. Ist u zwischen diesen beiden Grenzen, so muſs man

1 S. Art. *Finsterniſs*. Bd. IV. S. 254.

Digitized by Google

durch eine genauere Rechnung untersuchen, ob die Finsterniſs statt haben kann.

III. Sonnenfinsternisse für einen bestimmten Ort der Erdoberfläche.

Um für einen gegebenen Ort der Oberfläche der Erde die Erscheinungen einer Sonnenfinsterniſs durch Rechnung vorauszubestimmen, muſs man vor Allem die *scheinbaren*, d. h. die von der Parallaxe afficirten Orte der Sonne und des Monds nebst den stündlichen Veränderungen dieser scheinbaren Orte kennen. Es ist bereits oben[1] gezeigt worden, wie man diese scheinbaren Orte findet, wenn man zuvor die *wahren* (oder von dem Mittelpuncte der Erde gesehenen) *Orte* der Gestirne aus den Planetentafeln oder aus den astronomischen Ephemeriden kennt. Seyen demnach für die Zeit T der wahren Conjunction beider Gestirne a, p und m die scheinbare Rectascension und Poldistanz des Mittelpunctes und der scheinbare Halbmesser des Monds, und nennen wir ebenso α, π und μ dieselben Gröſsen für die Sonne. Die stündlichen Aenderungen dieser Gröſsen wollen wir, wie oben, durch ihre Differentiale ∂a, ∂p und $\partial \alpha$, $\partial \pi$ ausdrücken und der Kürze wegen

$$f = \partial a - \partial \alpha \quad \text{und} \quad g = \partial \pi - \partial p$$

setzen, so daſs demnach f und g die stündliche scheinbare relative Bewegung des Monds für die als ruhend angenommene Sonne bezeichnen. Dieses vorausgesetzt sey $T + t$ die gesuchte Zeit des Anfangs und Endes der Finsterniſs, wie sie von dem gegebenen Orte der Erdoberfläche gesehn wird. Da für diese Zeit die beiden Gestirne sich mit ihren Rändern berühren, so ist in dem rechtwinkligen Dreieck ASL, wo S
Fig. 254. und L die Mittelpuncte der Sonne und des Monds bezeichnen, die Hypotenuse $SL = m + \mu$ und die beiden Katheten

$$AL = (a - \alpha + ft)\,\text{Sin.}\,\pi$$

und

$$AS = \pi - p + gt,$$

so daſs man daher die Gleichung hat

---

1 S. Art. *Parallaxe*. Bd. VII. S. 287.

$$(m \pm \mu)^2 = (a - \alpha + ft)^2 . \mathrm{Sin.}^2 \pi + (\pi - p + gt)^2 \quad \ldots \quad (F)$$

wo das untere Zeichen für die innern Berührungen der Ränder oder für den Anfang und das Ende der totalen Finſterniſse gehört. Dieſe Gleichung iſt für die in ihr enthaltene Gröſse t vom zweiten Grade, oder ſie giebt zwei Werthe von t, von welchen der eine für den Anfang und der andere für das Ende der Finſterniſs gehört.

Um noch die *Gröſse* der Finſterniſs zu finden, ſey Θ die Zeit zwiſchen dem Anfange und dem Ende oder die *Dauer* der Finſterniſs, und S der Mittelpunct der Sonne, ſo wie A und B der des Monds im Anfange und am Ende der Finſterniſs. In dem gleichſchenkligen Dreiecke ASB iſt $AS = BS = m + \mu$, und wenn man $SL = R$ auf AB ſenkrecht zieht, wo dann L den Mittelpunct des Monds zur Zeit der Mitte der Finſterniſs bezeichnet, ſo hat man, da $\sqrt{f^2 + g^2}$ die ſtündliche Bewegung des Monds in ſeiner relativen Bahn AB iſt, Fig. 255.

$$AB = \Theta . \sqrt{f^2 + g^2},$$

alſo auch

$$R^2 = (m + \mu)^2 - \tfrac{1}{4} \Theta^2 . (f^2 + g^2).$$

Kennt man aber ſo die Gröſse R, ſo iſt

$$CD = SL - CL - SD$$

oder

$$CD = R - (m - CD) - (\mu - CD),$$

das heiſst,

$$CD = m + \mu - R \quad \ldots . \quad (G)$$

und dieſer Werth von CD bezeichnet die gröſste Phaſe der Finſterniſs, ſo daſs demnach die geſuchte Gröſse der Finſterniſs gleich

$$(m + \mu - R) \frac{6}{m} \text{ Zoll}$$

beträgt, wenn der Halbmeſser der Sonne in ſechs Zoll getheilt wird. Bei dieſen Berechnungen kann die Beſtimmung der *ſcheinbaren* Orte der beiden Geſtirne, die eigentlich den mühſamſten Theil der Auflöſung bildet, beträchtlich abgekürzt werden, wenn man bedenkt, daſs hier der Natur der Aufgabe nach nicht die gröſste Schärfe erforderlich iſt. Man wird alſo am bequemſten auf folgende Weiſe verfahren. Man ſuche für die Zeit T der Conjunction die *wahre, geocentriſche* Rectaſcenſion a und Poldiſtanz p des Monds, ſo wie dieſelben

Digitized by Google

Gröſsen α und π für die Sonne. Ist dann x die Horizontalparallaxe des Monds, so hat man, wenn man die sehr kleine Parallaxe der Sonne hier ganz vernachlässigt, für die Differenz der *scheinbaren* Rectascensionen und Poldistanzen beider Gestirne die Ausdrücke[1]

$$A = (a - \alpha)\,\text{Sin.}\,\pi - x\,\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Sin.}\,s\,,$$
$$D = (\pi - p) - x\,\text{Sin.}\,\pi\,\frac{\text{Sin.}\,(\varphi - \omega)}{\text{Cos.}\,\omega}\,,$$

wo s den Stundenwinkel der Sonne und φ die geographische Breite des Beobachters bezeichnet und wo die Hülfsgröſse ω durch die Gleichung

$$\text{Tang.}\,\omega = \text{Cotg.}\,\pi\ \text{Cos.}\,s$$

bestimmt wird. Nennt man dieselben beiden Gröſsen für eine Stunde früher oder später A′ und D′ und setzt wieder

$$f = A' - A \text{ und } g = D' - D,$$

so hat man, wie zuvor, die Gleichung

$$(m \pm \mu)^2 = (A + ft)^2 + (D + gt)^2 \quad . \; . \; . \quad (H),$$

aus welcher man die doppelten Werthe von t findet, wo dann T + t die gesuchte Zeit des Anfangs oder des Endes der Finsterniſs bezeichnet.

IV. Bestimmung des Weges des Mondschattens auf der Oberfläche der Erde.

Bei einer Sonnenfinsterniſs wird die Oberfläche der Erde von der Spitze des Schattenkegels getroffen, den der Mond hinter sich wirft. Da der Mond seinen Ort am Himmel jeden Augenblick ändert und da auch die Erde sich sowohl um die Sonne, als auch zugleich um ihre eigene Axe bewegt, so scheint es keine leichte Aufgabe zu seyn, für jeden Augenblick während der Dauer einer Sonnenfinsterniſs alle diejenigen Orte auf der Oberfläche der kugelförmigen Erde anzugeben, die von dem Mittelpuncte sowohl, als auch von jedem andern Puncte des kreisförmigen Schattenschnitts jenes Kegels mit der Erde getroffen werden, und dadurch gleichsam den ganzen Verlauf der Erscheinungen der Finsterniſs für die ge-

1 S. Art. *Parallaxe* a. a. O.

Digitized by Google

sammte Oberfläche der Erde oder den ganzen Weg dieses Schattens auf der Erde zu bestimmen. Die folgende Darstellung möchte wohl die einfachste seyn, die man zur Auflösung dieses Problems geben kann. Man denke sich durch den Mittelpunct L des Monds eine ebene Tafel LBEA senkrecht auf die Gerade gestellt, welche die Mittelpuncte der Sonne und der Erde verbindet. Diese Gerade treffe die Tafel in dem Puncte C. Man ziehe CA parallel mit dem Aequator und LF darauf senkrecht. Nennen wir $CF = y$ und $FL = z$ die zwei senkrechten Coordinaten, welche den Ort des Monds gegen jenen Punct C, d. h. gegen die Projection der Erde in jener Tafel bestimmen, so hat man sofort, wenn man die vorhergehenden Bezeichnungen beibehält, Fig. 256.

$$y = (a - \alpha)\,\text{Sin.}\,\pi \text{ und}$$
$$z = \pi - p.$$

Suchen wir nun den Ort auf der Oberfläche der Erde, der zu einer gegebenen Zeit eine gegebene Distanz Δ der Mittelpuncte der Sonne und des Monds als *gröſste* Phase sieht. Da die gröſste Phase einer Finsterniſs für jeden Ort der Erde dann statt hat, wenn die an diesem Orte gesehene Distanz der beiden Gestirne die kleinste ist, so muſs, wenn B die Projection des Beobachters an diesem Orte in jener Tafel ist, der Punct B irgendwo in der geraden Linie liegen, die durch den Mond L geht und auf der scheinbaren Bahn LA desselben senkrecht steht. Sey also BL senkrecht auf LA, so ist, wenn n die Neigung der relativen Mondbahn gegen den Aequator bezeichnet,

$$EAL = BaL = BLF = n,$$

und wenn daher $BL = \Delta$ jene beobachtete Distanz bezeichnet, so ist

$$Bf = EF = \Delta\,\text{Sin.}\,n$$

und

$$Lf = \Delta\,\text{Cos.}\,n$$

und daher auch

$$\left.\begin{array}{l} CE = CF + EF = y + \Delta\,\text{Sin.}\,n \\ \text{und} \\ BE = FL - Lf = z - \Delta\,\text{Cos.}\,n \end{array}\right\}.$$

Auf diese Weise kann man also die zwei Coordinaten CE und EB, welche den Ort der Projection B des Beobachters gegen die Projection C des Mittelpuncts der Erde bestimmen,

Digitized by Google

für jeden Augenblick während der ganzen Dauer der Finsterniſs auf eine sehr einfache Weise durch Rechnung bestimmen, so daſs also diese Gröſsen CE und EB als bekannte oder als gegebene Gröſsen unsers Problems zu betrachten sind.

Allein es giebt noch andere Ausdrücke für dieselben Gröſsen, die man erhält, wenn man bedenkt, daſs CE und EB nichts Anderes, als die Parallaxen der Rectascension und Declination des Monds für denselben Ort B der Erdoberfläche bezeichnen. Nennt man aber x und ξ die Horizontalparallaxe des Monds und der Sonne, und bezeichnet s den Stundenwinkel der Sonne und φ die geographische Breite des Beobachters, so hat man[1]

$$\left.\begin{array}{l} CE = (x - \xi)\, \text{Cos.}\,\varphi\, \text{Sin.}\,s \\ BE = (x - \xi)\, (\text{Sin.}\,\varphi\, \text{Sin.}\,\pi - \text{Cos.}\,\varphi\, \text{Cos.}\,\pi\, \text{Cos.}\,s) \end{array}\right\},$$

wo wieder $90^0 - \pi$ die Declination der Sonne bezeichnet. Setzt man aber die beiden Werthe dieser Gröſsen CE und BE einander gleich und nimmt man, der Kürze wegen,

$$Y = \frac{y + \varDelta\, \text{Sin.}\,n}{x - \xi} \text{ und } Z = \frac{z - \varDelta\, \text{Cos.}\,n}{x - \xi},$$

so hat man

$$\left.\begin{array}{l} \text{Cos.}\,\varphi\, \text{Sin.}\,s = Y \\ \text{Sin.}\,\varphi\, \text{Sin.}\,\pi - \text{Cos.}\,\varphi\, \text{Cos.}\,\pi\, \text{Cos.}\,s = Z \end{array}\right\},$$

und da diese zwei Gleichungen nur die zwei unbekannten Gröſsen φ und s enthalten, so wird man sie aus ihnen bestimmen können. Eliminirt man nämlich zuerst aus ihnen die Gröſse s, so erhält man

$$\text{Sin.}\,\varphi = Z\, \text{Sin.}\,\pi + \text{Cos.}\,\pi \,.\, \sqrt{1 - Y^2 - Z^2} \;\ldots\; \text{(I)}$$

und wenn man so φ kennt, so ist auch s durch die Gleichung

$$\text{Sin.}\,s = \frac{Y}{\text{Cos.}\,\varphi} \;\ldots\; \text{(K)}$$

gegeben. Diese zwei Gleichungen (I) und (K) lösen aber unsere Aufgabe in allen ihren Theilen vollständig auf. Die Gleichung (I) giebt die Polhöhe φ oder die *geographische Breite* des Orts, der zu einer gegebenen (z. B. Pariser) Zeit die Di-

1 Vergl. Art. *Parallaxe* a. a. O.

stanz Δ beider Gestirne als gröſste Phase sieht. Die zweite Gleichung (K) aber giebt den Stundenwinkel der Sonne, d. h. die *wahre Ortszeit*, die, mit der gegebenen Pariser Zeit verglichen, auch sofort die *geographische Länge* des gesuchten Orts auf der Oberfläche der Erde giebt. Setzt man in diesen beiden Gleichungen

$$\Delta = m + \mu - \frac{\omega\mu}{6},$$

so erhält man alle die Orte der Erde, die zu einer gegebenen Pariser Zeit eine Verfinsterung der Sonne von ω Zollen sehn. Auf diese Weise giebt $\omega = 0$ alle Orte, die bloſs eine äuſsere Berührung der Ränder sehn, und man erhält so die zwei krummen Linien auf der Oberfläche der Erde (zwei Linien, weil $\text{Sin.}\,\varphi$ sowohl, als auch $\text{Sin.}\,s$ ebenfalls zu einem zweifachen Werthe von φ und s gehören), deren Bewohner bloſs den Anfang oder bloſs das Ende der Finsterniſs sehn. Ebenso giebt $\omega = 6$ oder $\Delta = m$ alle Orte der Erde, welche die Sonne zur Zeit ihrer gröſsten Verfinsterung genau halb verfinstert sehn; $\omega = 12$ oder $\Delta = m - \mu$ giebt alle Orte, die eine Berührung der inneren Ränder sehn; $\omega = \frac{6}{\mu}(m + \mu)$ oder $\Delta = 0$ giebt die Orte, welche eine centrale Finsterniſs sehn, d. h. alle die Orte, über welche die Axe des Schattenkegels des Monds hinzieht, u. s. w.

V. Gebrauch der beobachteten Finsternisse zu geographischen Längenbestimmungen.

Da die Mondfinsternisse in wirklichen Beraubungen des Mondlichts durch den Schatten der Erde bestehn, so wird der Anfang und das Ende und überhaupt jede Phase dieser Finsternisse an allen Orten der Erde, die nur überhaupt den Mond selbst sehn können, in einem und demselben Augenblicke gesehn. Wenn man also eine solche Finsterniſs an mehrern Orten beobachtet hat, so darf man nur die *Ortszeiten* dieser Beobachtungen von einander subtrahiren, um sofort auch die Differenzen der geographischen Längen dieser Orte zu erhalten. Hat man z. B. den Anfang einer Mondfinsterniſs zu Paris um $7^h\ 30'\ 40''$ Pariser Zeit und zu Wien um $8^h\ 26'\ 50''$ Wiener Zeit beobachtet, so folgt daraus, daſs Wien um

Digitized by Google

$0^h\,56'\,10''$ östlicher liegt, als Paris. Es ist gleichviel, ob diese Zeiten mittlere oder wahre Sonnenzeiten oder auch Sternzeiten sind, wenn nur für beide Orte dieselbe Zeitart gebraucht wird. Die Mondfinsternisse scheinen demnach ein sehr bequemes Mittel zu Längenbestimmungen zu geben. Allein dieses Mittel gewährt keine Genauigkeit, da der Schatten der Erde auf dem Monde nur sehr unvollkommen begrenzt erscheint, so daſs man den Anfang und das Ende dieser Finsternisse nie mit Schärfe anzugeben im Stande ist. Etwas genauer sind die Beobachtungen der Ein- und Austritte der Flecken des Monds in und aus der Schattengrenze. Besser noch sind die Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupitersmonde, wenn sie in den Schatten ihres Hauptplaneten treten. Aber auch sie gewähren noch nicht die gewünschte Uebereinstimmung, selbst wenn man die beiden dem Jupiter nächsten (als die zu diesem Zwecke tauglichsten) und wenn man von ihnen nahe ebenso viele Ein- als Austritte wählt. Es soll dabei Rücksicht darauf genommen werden, daſs die Fernröhre, die man an beiden Orten gebraucht, nahe gleiche Stärke haben, daſs die Durchsichtigkeit der Luft nicht zu verschieden ist, daſs man die der Opposition zu nahen Finsternisse als ungewiſs gänzlich ausschlieſst u. s. w. Viel genauer kann man die Sonnenfinsternisse und die Bedeckungen der Fixsterne durch den Mond beobachten, da hierbei ein nur etwas geübter Beobachter wohl selten um eine ganze Zeitsecunde fehlen kann, daher auch diese vorzugsweise zu geographischen Längenbestimmungen angewendet werden. Allein da diese Finsternisse nicht mehr, wie jene, in wirklichen Beraubungen, sondern nur in Verstellungen des Lichtes bestehn, oder mit andern Worten, da solche Finsternisse, der Parallaxe wegen, nicht von allen Orten der Erde in demselben Augenblicke gesehn werden, so kann auch die auf sie gegründete Berechnung der geographischen Länge nicht mehr so einfach seyn, wie bei den Finsternissen des Monds oder der Jupiterssatelliten.

Aus den Tafeln oder aus genauen Ephemeriden suche man für zwei Pariser Zeiten, die nahe die ganze Zeit der über eine Finsterniſs gesammelten Beobachtungen umfassen, die *wahre* oder geocentrische Länge und Poldistanz, den Halbmesser und die Horizontalparallaxe beider Gestirne und daraus (nach den Formeln des Art. *Parallaxe*) auch die *scheinbare* (oder von der Parallaxe afficirte) Länge und Poldistanz, so wie den

Google

scheinbaren Halbmesser beider Gestirne, und daraus endlich die beiden Gröſsen f und g durch folgende Ausdrücke

$$f = \frac{\text{stündl. Aenderung ☾} - \text{stündl. Aenderung ☉}}{3600}$$

in scheinbarer Länge und

$$g = \frac{\text{stündl. Aenderung ☾} - \text{stündl. Aenderung ☉}}{3600}$$

in scheinbarer Poldistanz. Dieses vorausgesetzt sey T die gegebene Ortszeit des beobachteten Anfangs oder Endes der Sonnenfinsterniſs oder der Sternbedeckung und t die (wenigstens genähert bekannte) östliche Länge dieses Ortes von Paris (wo für westliche Längen t negativ genommen wird). Für diese Zeit T — t suche man nun aus dem Vorhergehenden durch eine einfache Proportion

die scheinbare Länge des Monds	a	und der Sonne α
die scheinb. Poldistanz - -	p	- - - - π
den scheinb. Halbmesser - -	m	- - - - μ

wo also für Sternbedeckungen vom Monde μ gleich 0 ist.

Ist nun die oben genähert angenommene Zeit t richtig angenommen worden und ist auch in den Gröſsen a, p, $\alpha, \pi \ldots$ kein Fehler (der Planetentafeln) enthalten, so muſs die Gleichung statt haben

$$(m \pm \mu)^2 = (a - \alpha)^2 \operatorname{Sin.}^2 P + (p - \pi)^2,$$

wo

$$P = \frac{p + \pi}{2} \text{ ist.}$$

Allein diese Voraussetzung wird nur sehr selten oder gar nie statt haben, da die Gröſse t (die gesuchte Längendifferenz der beiden Beobachtungsorte) etwa nur aus einer fehlerhaften Landcharte oder vielleicht gar nur nach einer Schätzung genommen werden muſste, und da auch die Sonnen- und Mondtafeln bekanntlich noch manchen Fehlern ausgesetzt sind, die ebenfalls ihren Einfluſs auf die letzte Gleichung ausüben werden. Vorzüglich gilt dieses von den Gröſsen a, p, m des Monds, dessen Tafeln überhaupt noch Manches zu wünschen übrig lassen. Nehmen wir also an, daſs diese Gröſsen a, p, r und vorzüglich die Gröſse t noch fehlerhaft sind und daſs die

wahren Werthe derselben nach der Ordnung $a+\partial a$, $p+\partial p$, $m+\partial m$ und $t+\partial t$ seyn sollen, wo also ∂a, ∂p, ∂m und ∂t unbekannte Gröſsen sind, die wir nun bestimmen wollen. Nach dieser Voraussetzung wird also die vorhergehende Gleichung in folgende übergehn

$$(m+\partial m\pm\mu)^2=(a+\partial a-\alpha-f\partial t)^2\,\mathrm{Sin.}^2P+(p+\partial p-\pi-g\partial t)^2$$

oder, wenn man, da doch die Gröſsen ∂a, ∂t... nur klein seyn können, die zweiten Potenzen derselben wegläſst,

$$\begin{aligned}(m\pm\mu)^2+2(m\pm\mu)\partial m=(p-\pi)^2&+2(p-\pi)(\partial p-g\partial t)\\&+2(a-\alpha)(\partial a-f\partial t)\,\mathrm{Sin.}^2P\\&+(a-\alpha)^2\,\mathrm{Sin.}^2P.\end{aligned}$$

Setzt man, um diesem Ausdrucke eine bequemere Gestalt zu geben,

$$\mathrm{Tang.}\,\omega=\frac{p-\pi}{(a-\alpha)\,\mathrm{Sin.}\,P}\ \text{und}\ \Delta=\frac{(a-\alpha)\,\mathrm{Sin.}\,P}{\mathrm{Cos.}\,\omega},$$

also auch

$$\mathrm{Sin.}\,\omega=\frac{p-\pi}{\Delta}\ \text{und}\ \Delta^2=(p-\pi)^2+(a-\alpha)^2\,\mathrm{Sin.}^2P,$$

so geht die obige Gleichung in folgende über

$$(f\,\mathrm{Sin.}\,P\,\mathrm{Cos.}\,\omega+g\,\mathrm{Sin.}\,\omega)\partial t-\partial a\,\mathrm{Sin.}\,P\,\mathrm{Cos.}\,\omega-\partial p\,\mathrm{Sin.}\,\omega+(m\pm\mu)\frac{\partial r}{\Delta}$$
$$=\frac{\Delta^2-(m\pm\mu)^2}{2\Delta}\quad\ldots.\quad(L)$$

und dieses ist die Bedingungsgleichung, die für jeden Ein- oder Austritt an jedem Beobachtungsorte entwickelt werden muſs. Hat man an demselben Orte die beiden innern und die beiden äuſsern Berührungen beobachtet, so hat man vier Gleichungen von der Form

$$A\partial t+B\partial a+C\partial p+D\partial m=E\ \ldots\ (1),$$

aus welchen man daher die vier unbekannten Gröſsen ∂t, ∂a, ∂p und ∂m finden wird.

Hat man an einem Orte nur zwei Beobachtungen, so erhält man auch nur zwei solcher Bedingungsgleichungen, deren Differenz einen Ausdruck von der Form

$$A\partial a+B\partial p+C\partial m=D$$

geben wird. Ebenso geben zwei Beobachtungen an zwei andern Orten die analogen Gleichungen

Digitized by Google

$$A'\partial a + B'\partial p + C'\partial m = D'$$

und

$$A''\partial a + B''\partial p + C''\partial m = D''$$

und aus den drei letzten Gleichungen findet man die Werthe von ∂a, ∂p und ∂m. Kennt man aber diese vier Gröſsen, so giebt jede der Gleichungen (1) den Werth von ∂t für ihren Beobachtungsort, d. h. die geographische Länge dieses Ortes.

Man sieht, daſs man durch diese Methode nicht nur die geographische Länge des Beobachtungsorts, sondern auch die Fehler der Mondtafeln bestimmt. Beide Zwecke aber sind für den Astronomen und Geographen von hoher Wichtigkeit. Wollte oder müſste man sich auf die Fehlerlosigkeit der Mondtafeln verlassen, so würde aus jeder einzelnen Beobachtung die geographische Länge des Beobachtungsortes durch die Gleichung

$$\partial t = \frac{\Delta^2 - (m \pm \mu)^2}{2\Delta\,(f\,\mathrm{Sin.}\,P\,\mathrm{Cos.}\,\omega + g\,\mathrm{Sin.}\,\omega)}$$

bestimmbar seyn, wo man hat

$$\mathrm{Tang.}\,\omega = \frac{p - \pi}{(a - \alpha)\,\mathrm{Sin.}\,P}.$$

Derselbe Gegenstand läſst sich noch auf die folgende allgemeinere Weise darstellen, die Lagrange zuerst gegeben und die auch später Encke bei seinen Berechnungen der Venusdurchgänge der Jahre 1761 und 1769 benutzt hat[1]. Sey A die wahre, geocentrische Rectascension des Monds weniger die der Sonne für irgend eine gegebene Pariser Zeit T, D die wahre Poldistanz des Monds weniger die der Sonne, m und μ die Halbmesser des Monds und der Sonne, $q = x - \xi$ die Differenz der Horizontalparallaxe beider Gestirne und

$$B = \frac{\mathrm{Cos.}\,\varphi\;\mathrm{Sin.}\,s}{\mathrm{Sin.}\,\pi},$$

$$C = \mathrm{Cos.}\,\varphi\;\mathrm{Cos.}\,\pi\;\mathrm{Cos.}\,s - \mathrm{Sin.}\,\varphi\;\mathrm{Sin.}\,\pi,$$

wo π, φ und s die vorige Bedeutung haben. Soll dann für irgend eine andere Zeit $T + t$ die Distanz der Mittelpuncte beider Gestirne gleich der Summe ihrer Halbmesser seyn, so hat man die Gleichung

1 S. Art. *Venus*.

Digitized by Google

$$(A+Bq-ft)^2 \,\text{Sin.}^2 P+(D+Cq-gt)^2=(m\pm\mu)^2 \;\ldots\; (M)$$

wo wieder f und g die relativen Bewegungen in Rectascension und Poldistanz während einer Zeitsecunde sind, so daſs also auch t in Zeitsecunden ausgedrückt werden soll. Wollte man hier noch auf die Correctionen der Elemente der Mond- und Sonnentafeln Rücksicht nehmen, so würde man

statt A setzen		$A+\partial A$,
D	—	$D+\partial D$,
m	—	$m+\partial m$,
μ	—	$\mu+\partial\mu$ u. s. w., wie zuvor.

Ohne uns aber hier bei diesen Correctionen länger aufzuhalten, wollen wir die Gleichung (M) auflösen und dabei die zweiten Potenzen von t und q weglassen, wodurch man erhält

$$A^2 \,\text{Sin.}^2 P+D^2+2A(Bq-ft)\,\text{Sin.}^2 P+2D(Cq-gt)=(m\pm\mu)^2.$$

Soll nun z. B. t die Zeit bedeuten, die zwischen der gegebenen Zeit einer Beobachtung und zwischen der geocentrischen Conjunction in Rectascension verflieſst, so hat man $A=0$, also auch

$$D^2+2D(Cq-gt)=(m\pm\mu)^2$$

oder

$$t=\frac{2CDq+D^2-(m\pm\mu)^2}{2gD} \;\ldots\; (N)$$

Demnach wird jede einzelne Beobachtung des Ein- oder Austritts, an welchem Orte der Erde sie auch angestellt ist, mittelst der Gleichung (N) dieselbe mittlere Pariser Zeit der geocentrischen Conjunction geben müssen, wenn diese Beobachtungen gut und die Elemente der Tafeln richtig sind. Allein die so erhaltenen Werthe von t werden oft sehr groſs seyn. Bei Venusdurchgängen kann t bis drei Stunden oder 10800 Secunden betragen und dann würde man das Quadrat dieser Gröſse nicht mehr wohl vernachlässigen können. Nehmen wir also für t die Differenz, welche zwischen der gegebenen Zeit der Beobachtung und der Zeit der geocentrischen Beobachtung derselben Erscheinung statt haben würde, z. B. zwischen dem für die Oberfläche und dem für den Mittelpunct der Erde statt habenden Anfange der Finsterniſs. Für diesen Augenblick hat man

$$A^2 \,\text{Sin.}^2 P+D^2=(m\pm\mu)^2,$$

also giebt die obige Gleichung

Digitized by Google

$$A(Bq - ft)\,\text{Sin.}^2 P + D(Cq - gt) = 0,$$

oder wenn man

$$\text{Tang.}\,\omega = \frac{D}{A\,\text{Sin.}\,P}$$

setzt,

$$t = \frac{(B\,\text{Sin.}\,P + C\,\text{Tang.}\,\omega).q}{f\,\text{Sin.}\,P + g\,\text{Tang.}\,\omega} \ldots \quad (O)$$

Diese letzte einfache Gleichung hat Carl von Littrow in seiner Schrift über Hell's Beobachtung des Venusdurchgangs vom Jahre 1769 aufgestellt, um dadurch die Beobachtungen, wenn sie, wie jene, an verschiedenen Orten angestellt wurden, vorläufig zu prüfen, ob sie auch eine genauere Berechnung verdienen. Nehmen wir hier als Beispiel die Beobachtungen der innern Berührungen der Venus bei ihrem Eintritte in die Sonne am 3. Juni 1769 an drei Orten.

	Innerer Eintritt	Länge von Paris	Breite
Californien ...	$0^h\,15'\,11'',3$ ...	$7^h\,28'\,4''$ West ...	$23^0\,3'\,13''$ N
Hudsonsbai ...	1 13 10,2 ...	6 26 14 West ...	58 47 32 N
Wardhus	9 31 54,5 ...	1 55 3,3 Ost ...	70 22 36 N

Nach den neuesten Tafeln der Venus und der Sonne hat man aber

Mittl. Zeit Paris 1769 Juni 3	A	D
$7^h\,30'$ ...	$0^0\,9'\,53'',3$ ...	$0^0\,13'\,4'',4$
7 50 ...	0 8 29,8 ...	0 12 43,0.

Weiter ist

$$\text{Log. Sin.}\,P = 0{,}96550$$
$$\text{Log. } f = 8{,}84249\,n$$
$$\text{Log. } g = 8{,}25250\,n$$
$$q = x - \xi = 21'',23$$

und damit erhält man für die Beobachtung in

	Californien	Hudsonsbai ...	Wardhus
Log. B =	8,85885 n ...	9,25529 n ...	9,33868 n
Log. C =	7,62390 n ...	9,77480 n ...	9,98675 n

wo das Zeichen n am Ende eines Logarithmus andeutet, daſs die Zahl, die zu diesem Logarithmus gehört, negativ ist. Mit diesen Werthen erhält man für

	Californien	Hudsonsbai	Wardhus
$A =$	538″,0	554,07	564,71
$D =$	770,2	774,35	777,08
$\text{Log. Tang.}\,\omega =$	0,19032	0,17988	0,17315
$t =$	16″,9	$0^h\,4'\,8''$,07	$0^h\,6'\,24''$,47
	$7^h\,43'$ 15,3	7 39 24,2	7 36 51,2
	7 43 32,2	7 43 32,27	7 43 15,67

Die drei letzten dieser Zahlen sind die mittleren Pariser Zeiten des geocentrischen inneren Eintritts der Venus in die Sonnenscheibe, und man sieht, daſs die beiden ersten sehr wohl unter einander stimmen, während die letzte sich von jenen beiden um 16,5 Secunden entfernt, so daſs also die Beobachtung in Wardhus nahe um dieselbe Gröſse zu früh gemacht worden zu seyn scheint.

VI. Bestimmung des Schattens gegebener Gegenstände.

Da bei den Finsternissen der Schatten, den ein von der Sonne beleuchteter Körper auf einen andern wirft, von der gröſsten Wichtigkeit ist, so wird es nicht unangemessen seyn, hier gleichsam zur Ergänzung des frühern Artikels *Schatten* das Vorzüglichste über die Bestimmung der Gestalt desselben nachzutragen.

Man suche also die Gestalt und Lage des Schattens und des Halbschattens eines von einem leuchtenden Körper beschienenen Körpers, wenn die Lage und Gestalt dieser beiden Körper gegeben sind. Die Oberfläche des vollen sowohl, als auch des sogenannten Halbschattens entsteht durch die auf einander folgenden Schnitte einer Ebene mit sich selbst, wenn sich diese Ebene so um beide Körper dreht, daſs sie in jedem Augenblicke zu beiden Körpern eine *tangirende Ebene* ist. Für den vollen Schatten berührt nämlich diese Ebene beide Körper auf derselben Seite, für den Halbschatten aber auf verschiedenen Seiten. Seyen X, Y und Z die rechtwinkligen Coordinaten des leuchtenden, X′, Y′ und Z′ die des dunklen Körpers und endlich x, y und z die der beide Körper berührenden Ebene. Der Anfang dieser drei Systeme von

Digitized by Google

unter sich parallelen Coordinaten soll für alle derselbe seyn. Es sey ferner

$$\partial Z = p\,\partial X + q\,\partial Y$$

die Gleichung der Oberfläche des leuchtenden und

$$\partial Z' = p'\,\partial X' + q'\,\partial Y'$$

die des dunklen Körpers. Sind also X, Y und Z die Coordinaten irgend eines Punctes des leuchtenden Körpers, so ist bekanntlich die Gleichung der ihn in diesem Puncte berührenden Ebene

$$z - Z = p(x - X) + q(y - Y) \;\ldots\; (A)$$

und ebenso ist auch die Gleichung der den dunklen Körper in dem Puncte X', Y', Z' berührenden Ebene

$$z - Z' = p'(x - X') + q'(y - Y') \;\ldots\; (A').$$

Da nun der aufgestellten Bedingung zufolge beide Ebenen nur *eine* einzige ausmachen sollen, so hat man die Bedingungsgleichungen

$$\left.\begin{array}{r} p = p' \\ q = q' \\ Z - Z' = p(X - X') + q(Y - Y') \end{array}\right\} \ldots\; (B)$$

Bemerken wir zuvörderst, daſs die Gröſsen p, q und Z, Functionen von X und Y und ebenso die Gröſsen p', q' und Z' Functionen von X' und Y' seyn müssen. Wenn man daher mit Hülfe der drei letzten Gleichungen (B) aus den *Gleichungen* (A) drei von den vier Gröſsen X, Y, X', Y', z. B. die *Gröſsen* X', Y' und Y eliminirt, so erhält man eine Gleichung zwischen X und x, y, z von der Form

$$z = Ax + By + C \;\ldots\; (C)$$

wo A, B und C Functionen von X und von beständigen Gröſsen sind. Diese letzte Gleichung (C) ist aber die Gleichung der Ebene, welche beide Körper berührt, und deren Lage wird offenbar verschieden seyn, je nachdem man der Gröſse X verschiedene Werthe giebt. Setzt man also diese Gröſsen A, B, C durch die vorhergehenden Operationen als gefunden voraus und neigt man dann die Ebene der Gleichung (C) unendlich wenig gegen ihre vorige Lage, so wird die Gleichung dieser geneigten Ebene seyn

$$z = \left[A + \frac{\partial A}{\partial X}\right] x + \left[B + \frac{\partial B}{\partial X}\right] y + \left[C + \frac{\partial C}{\partial X}\right].$$

Digitized by Google

Zieht man davon die Gleichung (C) ab, so erhält man

$$0 = x\left(\frac{\partial A}{\partial X}\right) + y\left(\frac{\partial B}{\partial X}\right) + \left(\frac{\partial C}{\partial X}\right) \quad \ldots \quad (D)$$

und wenn man dann aus den beiden Gleichungen (C) und (D) die Gröſse X eliminirt, so erhält man die gesuchte Gleichung des Schattens und des Halbschattens zwischen den veränderlichen Coordinaten x, y, z. Die Gleichung (C) stellt nämlich die beide Körper berührende Ebene vor, und zwar sowohl diejenige, welche die Körper auf derselben, als auch diejenige, welche sie auf entgegengesetzten Seiten berührt, je nachdem man die positiven und negativen Werthe von Z und Z′ verschieden unter einander vergleicht. Setzt man endlich in der erwähnten Endgleichung zwischen x, y, z statt z die Gröſse Z′, so erhält man eine Gleichung zwischen x und y für die Projection der Linie der Berührung mit dem dunklen Körper. Dadurch kennt man also, da diese Endgleichung für beide Schattenarten gilt, auf dem dunklen Körper die Grenze der Oberfläche des letzten, die ganz im Schatten liegt, so wie auch die Grenze derjenigen Oberfläche des dunklen Körpers, die nur von einem Theile des leuchtenden Körpers beschienen wird, oder man kennt auf diese Weise die Zone zwischen den beiden Schatten, dem Kern- und dem Halbschatten, auf der Oberfläche des dunklen Körpers. Setzt man ebenso für z die Gröſse Z, so erhält man auch die Projectionen der Berührungslinien des Kern- und des Halbschattens auf dem leuchtenden Körper. Noch einfacher kann man die Projectionen der beiden Berührungslinien auf den zwei Körpern mit Hülfe der drei Gleichungen (B) finden. Eliminirt man nämlich aus ihnen die Gröſsen X′ und Y′, so erhält man die Gleichung der Berührungslinie auf dem leuchtenden Körper zwischen X und Y, und eliminirt man aus ihnen die Gröſsen X und Y, so erhält man die Gleichung der Berührungslinien auf dem dunklen Körper zwischen X′ und Y′. Hat man aber auf diese Weise die Gleichung des vollen und des halben Schattens in x, y, z gefunden, und hat man ferner auch in denselben Coordinaten x, y, z die Gleichung irgend einer andern, dritten Fläche gegeben, auf welche jener Schatten fallen soll, so darf man nur aus diesen zwei Gleichungen z. B. die Gröſse z eliminiren, um sofort auch die Gleichung in x, y für die Projection der

Digitized by Google

Curve, in welcher jener Schatten die dritte Fläche schneidet, in der coordinirten Ebene der x, y zu erhalten[1].

Um diese ganz allgemeinen Betrachtungen auf ein specielles Beispiel anzuwenden, wollen wir beide Körper, den leuchtenden sowohl, als auch den dunklen, kugelförmig annehmen. Der Anfang der Coordinaten soll in dem Mittelpuncte der leuchtenden Kugel liegen, deren Halbmesser a, so wie b der der dunklen Kugel seyn soll. Die Distanz dieser zwei Mittelpuncte, die beide in der Axe der x liegen, wollen wir durch c bezeichnen. Hiernach sind die Gleichungen der beiden Körper

$$\left.\begin{array}{l} Z^2 = a^2 - X^2 - Y^2 \\ Z'^2 = b^2 - (X'-c)^2 - Y'^2 \end{array}\right\} \ldots \quad (1)$$

Es ist also

$$p = -\frac{X}{m}, \quad q = -\frac{Y}{m},$$

$$p' = -\frac{(X'-c)}{m'}, \quad q' = -\frac{Y'}{m'},$$

wo

$$m^2 = a^2 - X^2 - Y^2 \text{ und } m'^2 = b^2 - (X'-c)^2 - Y'^2 \text{ ist.}$$

Dieses vorausgesetzt gehn also die Gleichungen (A) und (B) in folgende über

$$z = \frac{-X(x-X) - Y(y-Y)}{m} + m \ldots \quad (A)$$

und

$$\left.\begin{array}{l} m'X - m(X'-c) = 0 \\ m'Y - mY' = 0 \\ m - m' + \dfrac{X(X-X') + Y(Y-Y')}{m} = 0 \end{array}\right\} \ldots \quad (B)$$

Eliminirt man aus den drei letzten Gleichungen die Gröſse Y', so erhält man

$$X = \frac{a}{c}(a \mp b)$$

und ebenso

$$X' = c - \frac{b}{a}(b \mp a),$$

---

1 Vergl. Mém. présent. à l'Acad. de Paris. T. IX. p. 407.

woraus sofort folgt, daſs die vier Berührungslinien auf der Ebene der x, y senkrecht stehn und vom Anfangspuncte der Coordinaten um die angezeigten Werthe von X und X′ entfernt sind.

Substituirt man den so gefundenen Werth von X in der Gleichung (A), so erhält man

$$z = \frac{a^2 c - ax(a \mp b) - cy \cdot Y}{\sqrt{a^2 c^2 - a^2 (a \mp b)^2 - c^2 Y^2}} \ldots (C)$$

Differentiirt man die letzte Gleichung bloſs in Beziehung auf Y und setzt dann ihr Differential gleich 0, so erhält man

$$Y = \frac{ay}{c}\left(\frac{ac - x(a \mp}{y^2 + z^2}\right) \ldots (D)$$

und wenn man endlich diesen Werth von Y in der obigen Gleichung (C) substituirt, so erhält man

$$(y^2 + z^2) \cdot (c^2 - (a \mp b)^2) = (ac - x(a \mp b))^2 \ldots (E)$$

und diese Gleichung (E) ist die gesuchte Gleichung der Oberfläche des vollen sowohl, als auch des halben Schattens, für welchen letzteren nämlich das untere Zeichen gehört. Diese Oberfläche bildet also einen *Kegel.* Setzt man in ihr $y = z = 0$, so hat man

$$x = \frac{ac}{a \mp b}$$

für die Entfernung des Scheitels dieses Kegels von dem Mittelpuncte der leuchtenden Kugel, also auch

$$x - c = \frac{\pm bc}{a \mp b}$$

für die Entfernung des Scheitels von dem Mittelpuncte der dunklen Kugel. Ist ferner $x = c + r$, so ist die Gleichung (E)

$$\sqrt{y^2 + z^2} = \frac{\pm b(c + r) - ar}{\sqrt{c^2 - (a \mp b)^2}}$$

für den Halbmesser des kreisförmigen Schnitts des vollen und des halben Schattens, der von einer Ebene entsteht, die senkrecht auf x, y steht und deren Entfernung von dem dunklen Körper gleich r ist. Substituirt man endlich die Werthe

$$X = \frac{a}{c}(a \mp b)$$

und

$$c - X' = \frac{b}{c}(b \mp a)$$

in den obigen Gleichungen (1), so erhält man

$$Y^2 + Z^2 = a^2 - \frac{a^2}{c^2}(a \mp b)^2$$

und

$$Y'^2 + Z'^2 = b^2 - \frac{b^2}{c^2}(b \mp a)^2,$$

und diese Gleichungen gehören für die Projectionen der vier Licht- und Schattengrenzen auf der Ebene der y, z. Diese Projectionen sind also ebenfalls Kreise, deren Halbmesser

$$\sqrt{a^2 - \frac{a^2}{c^2}(a \mp b)^2} \text{ und } \sqrt{b^2 - \frac{b^2}{c^2}(b \mp a)^2}$$

sind.

Uebrigens lassen sich alle diese Ausdrücke, wenn man dem Probleme zwei Kugeln zum Grunde legt, auch schon auf eine sehr einfache Weise mittelst der Tangente zweier ihrer Gröſse und Lage nach gegebenen Kreise finden. Sind nämlich $A'M' = a$ und $AM = b$ die Halbmesser der beiden Kreise Fig. und $AA' = c$ die Distanz ihrer Mittelpuncte, und nennt man 257. $x = A'T$ die *Entfernung* des Punctes T, wo die beide Kreise *berührende Linie* $M'M$ die verlängerte Gerade AA' schneidet, so hat man, wenn der Winkel $ATM = \alpha$ ist,

$$\text{Tang.}\,\alpha = \frac{a}{M'T} \text{ und } M'T = \sqrt{x^2 - a^2},$$

also auch

$$\sqrt{x^2 - a^2} = \frac{a}{\text{Tang.}\,\alpha}$$

und ebenso

$$\sqrt{(x-c)^2 - b^2} = \frac{b}{\text{Tang.}\,\alpha}.$$

Eliminirt man aus diesen beiden Gleichungen die Gröſse Tang. α, so erhält man

$$x - c = \pm \frac{bx}{a},$$

wo das untere Zeichen offenbar für den Fall gehört, wenn T

Digitized by Google

zwischen A und A' liegt, wo dann b seiner Lage nach negativ wird. Die letzte Gleichung giebt

$$x = A'T = \frac{ac}{a \mp b}$$

und daher auch

$$x - c = AT = \pm \frac{bc}{a \mp b}$$

und dieses sind die beiden Distanzen des Scheitels T des Schattens von dem Mittelpuncte der beiden Kugeln.

Ferner ist

$$A'Ma' = AMa = \alpha$$

und

$$\frac{a \mp b}{c} = \text{Sin.}\,\alpha.$$

Es ist aber auch

$$\frac{A'a'}{a} = \text{Sin.}\,\alpha$$

und daher

$$A'a' = \frac{a}{c}(a \mp b),$$

so wie

$$\frac{Aa}{\pm b} = \text{Sin.}\,\alpha \text{ oder } Aa = \pm \frac{b}{c}(a \mp b),$$

also auch

$$A'a = c + Aa = c - \frac{b}{c}(b \mp a).$$

Ist ferner $AB = r$ und BC senkrecht auf AT, so hat man

$$\text{Tang.}\,\alpha = \frac{BC}{BT} = \frac{BC}{AT - r},$$

und wenn man in diesem Ausdrucke den obigen Werth von AT und von Tang. α substituirt, so hat man

$$BC = \frac{\pm b(c + r) - ar}{\sqrt{c^2 - (a \mp b)^2}}.$$

Sey endlich $BC = \sqrt{y^2 + z^2}$ und $A'B = c + r = x$ oder $r = x - c$. Substituirt man diese Werthe von BC und r in dem vorletzten Ausdrucke für BC, so erhält man

$$(y^2 + z^2)[c^2 - (a \mp b)^2] = [ac - x(a \mp b)]^2,$$

und alle diese Ausdrücke stimmen mit den früher gefundenen vollkommen überein. *L.*

Digitized by Google

Vergröſserung.

Amplificatio; Amplification; *Ampliation, Magnifying power.*

So wird die Wirkung der optischen Instrumente, vorzüglich der Fernröhre und der Mikroskope, genannt, durch welche alle Gegenstände unter einem gröſsern Sehwinkel erscheinen, als mit freiem, unbewaffnetem Auge. Man drückt die Gröſse dieser Wirkung durch das Verhältniſs der beiden Sehwinkel aus. So sagt man, die Vergröſserung ist zehnfach, wenn der Gegenstand durch das Fernrohr gesehn unter einem *zehnmal* gröſsern Sehwinkel erscheint, als mit freiem Auge. Wie man die Vergröſserung bei Mikroskopen bestimmt, ist bereits oben[1] gesagt worden. Auch für die Fernröhre ist das Wesentlichste des hierher Gehörenden schon früher[2] mitgetheilt worden. Wir beschränken uns daher hier nur auf einige wichtige nachträgliche Bemerkungen über die Bestimmung der Vergröſserung bei Fernröhren. Bei diesen letzten Instrumenten nimmt man den unvergröſserten Sehwinkel so an, wie er sich darstellen würde, wenn das unbewaffnete Auge an dem Orte des Objectivs oder auch an dem des Oculars stände, weil bei diesen Instrumenten die dadurch zu betrachtenden Gegenstände gewöhnlich so weit entfernt sind, daſs die ganze Länge des Fernrohrs gegen jene Entfernung als sehr gering betrachtet werden kann.

Bei dem holländischen und dem astronomischen Fernrohre ist bekanntlich die Vergröſserung derselben gleich der Brennweite des Objectivs dividirt durch die des Oculars. Zu diesem Zwecke müssen wir also ein Mittel haben, die Brennweiten der beiden Linsen genau zu messen. Das einfachste Mittel dazu ist die Aufstellung dieser Linsen in dem Fensterladen eines verfinsterten Zimmers, wo man das äuſsere Licht auf die Linse fallen läſst und dann im Innern des Zimmers eine weiſse Tafel oder ein Blatt Papier so lange von der Linse entfernt, bis

1 S. Art. *Mikroskop.* Bd. VI. S. 2255.
2 S. Art. *Fernrohr.* Bd. IV. S. 150. *Teleskop.* S. 148.

äuſsere sehr weit entfernte Gegenstände ein ganz deutliches Bild derselben auf der Tafel geben, wo dann die Entfernung der Tafel von der Linse die gesuchte Brennweite der letztern ist. Dieses Mittel ist vorzüglich bei den Ocularen sehr brauchbar, die im Allgemeinen eine nur kleine Brennweite haben. Auch kann man die Linse selbst mit einer dunklen Papierscheibe, worin zwei kleine Löcher sind, bedecken und dann, wenn man die Fläche der Linse senkrecht gegen die Sonne hält, den Punct suchen, wo die durch die Löcher gehenden Lichtstrahlen sich zu einem einzigen Puncte vereinigen.

Ein ganz gemeines Verfahren, das aber doch bei mehr Uebung zuweilen recht brauchbar seyn soll, besteht darin, daſs man denselben Gegenstand, z. B. einen Dachziegel, mit einem Auge durch das Fernrohr und zu gleicher Zeit mit dem andern *frei* beobachtet und durch Schätzung zu bestimmen sucht, wie viele z. B. der frei gesehenen Ziegel auf einen durch das Fernrohr beobachteten gehn.

Verläſslicher ist folgende, von Maskelyne vorgeschlagene Methode, wodurch die Brennweite des Objectivs mit groſser Schärfe bestimmt werden kann, während man für die kleine Brennweite des Oculars das oben erwähnte Verfahren mit dem verfinsterten Zimmer anwenden wird. Man stellt zuerst ein
Fig. 248. anderes, am bequemsten nur kleines Fernrohr CD so, daſs man damit sehr entfernte Gegenstände, z. B. den Mond, ganz deutlich sehn kann. Dann stellt man dieses Fernrohr horizontal auf einen Tisch und bringt vor das Objectiv D desselben die neue zu messende Objectivlinse A mit dem vorigen parallel. Ein Gehülfe wird dann ein ebenfalls mit den beiden Objectiven parallel gestelltes Buch BE so lange auf der Linie AB hin und her rücken, bis das Auge in C die Buchstaben des Buches am deutlichsten durch das kleine Fernrohr CD sehn kann. In dieser Lage ist die Distanz AB des Objectivs von dem Buche zugleich die Brennweite des neuen Objectivs A. Nennt man a die so gefundene Brennweite des Objectivs und b die Brennweite des dazu gehörenden Oculars, welche letztere man durch das oben angezeigte Verfahren im verfinsterten Zimmer leicht finden kann, so ist die gesuchte Vergröſserung des neuen Fernrohrs, wozu das Objectiv A gehört, gleich $\frac{a}{b}$. Der Grund dieses Verfahrens liegt darin, daſs

Digitized by Google

man durch das alte oder kleine Fernrohr CD nur parallele Strahlen von dem Buche durch das vorgesetzte Objectiv A erhält, weil jetzt die Schrift des Buches ebenso deutlich gesehn wird, wie zuvor der Mond ohne dieses Objectiv gesehn worden ist, so daſs also das Buch in dem Brennpuncte des neuen Objectivs A liegen muſs.

Auch das folgende Verfahren kann mit Nutzen angewendet werden, um die Vergröſserung eines Fernrohrs mit Genauigkeit zu finden. Wenn man das zu untersuchende Fernrohr so gestellt hat, daſs man damit sehr entfernte Gegenstände deutlich sieht, und wenn man dann das Auge von dem Oculare des Fernrohrs weiter zurückzieht, so erblickt man endlich in diesem Oculare das kreisrunde Bild der metallenen Fassung des Objectivs. Man messe dann den Durchmesser dieses Bildchens, der z. B. gleich b Linien seyn soll. Auf demselben Maſsstabe messe man auch mit den zwei Spitzen eines gewöhnlichen Cirkels den wahren Durchmesser der erwähnten innern Objectivfassung, der a Linien betragen soll. Kennt man aber auf diese Weise die beiden Gröſsen a und b, so ist die gesuchte Vergröſserung des Fernrohrs gleich $\frac{a}{b}$, wie zuvor. Dabei ist also nur die erste dieser zwei Messungen, nämlich die des Bildchens a der Fassung, etwas schwierig mit Schärfe auszuführen. Um diesem Hindernisse zu begegnen, hat RAMSDEN ein eigenes kleines Instrument ABEF ausgedacht, das er *Dynamometer* (Kraftmesser) nannte. Fig. 259.
AB ist eine convexe Linse von Glas und CD ist eine kleine ebene Glastafel mit parallelen Seiten, auf welcher in kleinen Distanzen parallele und äquidistante Striche eingeschnitten sind. Man legt das eine Ende EF der Röhre, in welcher jene beiden Gläser enthalten sind, an das Ocular des Fernrohrs und verschiebt dann das Stück ABCD in der etwas weitern Röhre CDEF so lange, bis das Auge bei AB jenes Bild der Objectivfassung im Innern des Fernrohrs deutlich sieht. Doch muſs man zuerst die Linse AB, die für sich beweglich ist, in diejenige Entfernung von der eingetheilten Glasplatte CD gestellt haben, wo man die Striche dieser Platte durch die Linse AB am schärfsten sieht. Gesetzt man fände durch dieses Verfahren den Durchmesser des Bildes der Fassung gleich 3 Theilstrichen der Glasplatte und jedes Intervall zwischen

zwei nächsten dieser Theilstriche soll 0,12 Paris. Linie betragen. Demnach beträgt also der Durchmesser des Bildchens $3 \times 0{,}12 = 0{,}36$ Par. Linie. Ist nun der wahre Durchmesser dieser Objectivfassung (den man, wie gesagt, mit einem Cirkel sehr scharf messen kann) z. B. gleich 4 Zoll oder 48 Linien, so ist die gesuchte Vergröſserung des Fernrohrs $\frac{48}{0{,}36} = 133$. In Ermangelung eines solchen Dynamometers könnte man wohl auch jenes Bildchen der Fassung, so wie die Fassung selbst, mit den beiden Spitzen eines Cirkels fassen und die beiden Oeffnungen des Cirkels mittelst eines verjüngten Maſsstabes bestimmen, nur wird man, wie wan sieht, bei dieser Messung des Bildchens leicht einen Fehler begehn können, der desto mehr schädlichen Einfluſs hat, je mehr die beiden Durchmesser von einander verschieden sind. Mit Hülfe eines solchen kleinen und leicht zu verfertigenden Instruments aber wird man selbst mehrere Fernröhre, deren jedes wieder, wie gewöhnlich, mehrere Oculareinsätze hat, leicht und zugleich sicher bestimmen können.

L.

Vernier.

Sehr oft kommt der Fall vor, wo man gerade Linien oder auch Kreisbogen und Winkel, besonders kleine Theile derselben, mit groſser Schärfe angeben will. Wollte man dieses unmittelbar mit Hülfe irgend eines Maſsstabes thun, so müſsten auf diesem Maſsstabe offenbar ebenso kleine Theile der Linie oder des Bogens durch den Mechaniker angegeben seyn, als man durch diesen Maſsstab messen will. Dadurch würden aber in den meisten Fällen die Theilstriche, welche der Mechaniker an dem Maſsstabe angeben soll, zu nahe an einander rücken, was für ihn schwer mit Genauigkeit auszuführen und auſserdem unbequem zum Gebrauche seyn würde. Wenn man z. B. auf der Peripherie eines Kreises noch die einzelnen Secunden lesen wollte, so müſste man auf derselben nicht weniger als 1296000 Theilstriche anbringen, die alle gleich weit von einander abstehn. Diesem Uebel zu begegnen hat man zuerst die *Transversalen* eingeführt.

Digitized by Google

Sey ab und bc auf einem sogenannten verjüngten Maſsstabe Fig. 260.
die Linie, welche die Einheit des Maſses, z. B. den Fuſs, vorstellen soll. Theilt man einen derselben, z. B. bc, in fünf gleiche Theile, so wird man mit einem solchen Maſsstabe auch die fünften Theile des Fuſses messen können. Nimmt man mit einem Cirkel die Linie a1, so hat man $1\frac{1}{5}$ Fuſs, und ebenso ist $a2 = 1\frac{2}{5}$, $a3 = 1\frac{3}{5}$ Fuſs u. s. f. Wenn man aber mit demselben Maſsstabe auch die 10ten oder die 20sten Theile eines Fuſses erhalten wollte, so würde man diese kleinern Theile nicht mehr unmittelbar messen, sondern nur nach dem sogenannten Augenmaſse schätzen können. Man ziehe daher auf die Gerade ac zwei Senkrechte aa′ und cc′ und nehme auf ihnen die äquidistanten Geraden, die durch die Puncte 1, 2, 3... bis 9 gehn und alle mit ac parallel sind, und ziehe endlich die mit cc′ parallelen Linien 11, 22, 33 und 44, so wie die *Transversalen* b1, 12, 23, 34 und 4c′, so wird man mit einem solchen Transversalmaſsstabe nicht bloſs die 5ten, sondern auch die 50sten Theile des Fuſses, also zehnmal kleinere Theile, als zuvor, unmittelbar messen können. In der That sieht man ohne weitere Erläuterung, daſs z. B. die Linie de, wenn sie mit dem Cirkel genommen wird, die Länge von $1\frac{1}{50} = 1{,}02$ eines Fuſses beträgt. Ebenso ist die Linie

$$fg = 1 + \tfrac{1}{5} + \tfrac{4}{50} = 1\tfrac{14}{50} = 1{,}28 \text{ Fuſs},$$
$$hk = 1 + \tfrac{3}{5} + \tfrac{7}{50} = 1\tfrac{37}{50} = 1{,}74 \text{ Fuſs u. s. w.}$$

Dieses einfache Verfahren hat man auch bald zur Messung der Winkel angebracht und selbst die besten astronomischen Instrumente zu Tycho's Zeiten hatten nichts Besseres. Heutzutage sieht man diese *Kreistransversalen* nur noch bei den sogenannten Transporteurs der Feldmesser. Ist O der Fig. 261.
Mittelpunct eines senkrecht gestellten Kreises, dessen Peripherie MAN z. B. in einzelne Minuten AB, BC, CD... eingetheilt ist, so wird ein aus dem Puncte O herabhängendes, der Kreisfläche paralleles Bleiloth mit seinem Faden, wenn der Kreis um seinen Mittelpunct O gedreht wird, die einzelnen Minuten angeben. Zieht man aber mit dem Bogen MN noch vier andere äquidistante concentrische Bogen und zieht man die Halbmesser AO, Bb, Cc, Dd..., nebst ihren Transversalen Ab, Bc, Cd..., so wird man mit einer so

Digitized by Google

eingetheilten Peripherie nicht mehr bloſs die ganzen Minuten, sondern auch die vierten Theile derselben unmittelbar messen können. Es sey z. B. A derjenige Punct der Peripherie, der zu $30^0\,10'$ gehört, so wird B zu $30^0\,11'$, C zu $30^0\,12'$ u. s. w. gehören. Fällt also der Faden des Bleiloths auf den Punct A, so wird die Höhe des beobachteten Gestirns $30^0\,10'$ betragen. Fällt aber dieser Faden auf den Punct a der Transversale A b, so gehört dazu die beobachtete Höhe von $30^0\,10\frac{1}{4}$ Min. oder von $30^0\,10'\,15'$, und ebenso wird der Punct b zu $30^0\,10\frac{2}{4}$ Min. $= 30^0\,10'\,30''$ und c zu $30^0\,10\frac{3}{4}$ Min. $= 30^0\,10'\,45''$ gehören u. s. w. Man hat aber bald gefunden, daſs man, wenn man z. B. auf einem Kreise von sechs Fuſs im Durchmesser (und solche gehören schon zu den gröſsten astronomischen Kreisen) noch die einzelnen Secunden angeben wollte, sehr viele solcher Linien wie d e, f g, h k ... mit ihren Transversalen ziehn müſste, was für den Künstler schwer mit Genauigkeit auszuführen und für den Beobachter in der Ausübung wieder unbequem seyn würde. Zudem ist es eigentlich nicht einmal genau richtig, daſs die Puncte a, b, c .. der Transversalen zu den oben erwähnten Winkeln gehören, wie man durch eine einfache Betrachtung der Elementargeometrie finden kann.

Um diesem Umstande abzuhelfen, hat Peter Vernier, ein französischer Geometer, im J. 1631 eine ebenso einfache als sinnreiche Vorrichtung ausgedacht, die auch seinen Namen trägt und jetzt, ihrer Vorzüglichkeit wegen, allgemein angenommen ist. Man hat zuweilen auch den Portugiesen Nonius oder Nunnez, der mehrere Jahrhunderte vor Vernier lebte, für den Erfinder dieser Einrichtung ausgegeben, daher sie auch zuweilen *Nonius* genannt wird, aber mit Unrecht, da das von Nonius zu diesem Zwecke vorgeschlagene Mittel ein ganz anderes und keineswegs so vortheilhaft anwendbares ist.

Fig. 262. Denken wir uns den Rand eines Kreises A A in mehrere gleiche Theile 01, 12, 23 ... getheilt, deren jeder z. B. zehn Minuten oder den sechsten Theil eines Grades betragen soll. Um den Mittelpunct dieses Kreises bewege sich eine *Alhidade* (Lineal), deren Länge nur etwas weniges gröſser ist, als der Halbmesser des Kreises. Ist nun diese Alhidade an ihrem äuſsersten Ende B B nur mit einem einzigen Striche versehn, so wird man dadurch die Bewegung derselben auf jenem

Digitized by Google

Kreise nur von zehn zu zehn Minuten unmittelbar lesen können. Wenn z. B. die Alhidade B auf dem festen Kreise A A von der Linken gegen die Rechte so weit vorrückt, daſs das 0 der Alhidade, welches früher mit dem 0 des Kreises coincidirte, mit dem Theilstriche 1, 2 oder 3.. des Kreises coincidirt, so ist die Alhidade aus ihrer ersten Lage um 10, 20 oder 30... Minuten fortgerückt, und kleinere Bewegungen, z. B. von einer einzigen Minute, lassen sich auf diese Weise offenbar nur nach dem Augenmaſse schätzen, aber keineswegs genau messen. Nehmen wir aber ein Stück, einen Bogen m n der Alhidade, der genau ebenso groſs ist, als neun Intervalle (oder als 90 Minuten) des ersten Kreisbogens, und theilen wir dieses Stück m n der Alhidade, obschon es nur neun Intervallen des Kreises entspricht, ebenfalls in zehn gleiche Theile 0I, III, IIIII...., so wird man mit einer so getheilten Alhidade sofort auch die einzelnen Minuten in der Bewegung dieser Alhidade noch genau messen können. Da nämlich, der Voraussetzung zufolge, zehn Intervalle der Alhidade gleich neun Intervallen des Kreises sind und jedes Intervall des Kreises 10 Minuten beträgt, so wird offenbar jedes Intervall 0I, III, IIIII... der Alhidade genau 9 Minuten oder eine Minute weniger betragen, als ein Intervall des Kreises. Wenn also, wie in der Zeichnung, die beiden ersten Theilstriche 0 und 0 des Kreises und der Alhidade coincidiren, so ist, in dieser Lage der Alhidade, der Zwischenraum zwischen

den Strichen
I und 1 gleich 1 Minute,
II — 2 — 2 Minuten,
III — 3 — 3 Minuten u. s. w.,

wodurch daher die einzelnen Minuten unmittelbar gegeben werden, während man vorhin nur die (zehnmal gröſseren) Sechstel eines Grades zu lesen im Stande war. Ist also z. B. die Alhidade auf dem festen Kreise in die Lage gekommen, die durch die Zeichnung dargestellt wird, wo die Theilstriche II und 3 mit einander übereinstimmen, so sieht man, Fig. 263. daſs die Alhidade von ihrer früheren Lage um das ganze Intervall des Kreises 01, das heiſst um 10 volle Minuten, und überdieſs noch um den Theil pq, d. h. um 2 einfache Minuten, also im Ganzen um 12 Minuten vorgerückt ist:

Digitized by Google

Ebenso würde sie um 13 Minuten vorgerückt seyn, wenn die Theilstriche III und 4 correspondirten, und so fort in allen ähnlichen Fällen.

Ganz ebenso wird man auch bei der Messung irgend einer Länge, z. B. einer geraden Linie verfahren, vorausgesetzt daſs man bereits einen in einzelne Theile bei 0, 1, 2, 3 .. eingetheilten Stab und überdieſs einen kleineren Stab (die Alhidade) besitzt, welcher letztere so eingetheilt ist, daſs 10 Theilstriche der Alhidade auf 9 Theilstriche des ersten Stabes (des eigentlichen Maſsstabes) gehn, wo man dann mit Hülfe dieses Maſsstabes und seiner Alhidade (oder seines Verniers) auch sofort die zehnten Theile etwa eines Zolles oder einer Linie wird bestimmen können. Gesetzt dieser Maſsstab AA hätte die Länge von zehn (Decimal-) Zollen oder von einem Fuſs und er wäre auf der zu messenden geraden Linie dreimal umgelegt worden, wo dann von dieser Linie noch die Länge rs des Maſsstabes übrig geblieben wäre. Um dieses Stück rs zu finden, wird man irgend einen Theilstrich des Verniers (wie z. B. in der Figur den Theilstrich II) genau mit dem einen Ende r dieses Stücks zusammenfallen lassen und dann zusehn, wie viele Intervalle des Verniers noch bis zu dem andern Ende s dieses Stückes gehn. Die Figur giebt 6 solche Intervalle des Verniers, deren jedes $\frac{9}{10}$ Zolle beträgt, so daſs also das Stück rs = 6mal $\frac{9}{10}$ oder = $\frac{54}{10}$ Zoll, das heiſst 5 Zoll und $\frac{4}{10}$ Zoll, und daher die ganze zu messende gerade Linie 3 Fuſs 5 Zoll und $\frac{4}{10}$ Zoll beträgt. Am bequemsten ist es, immer den ersten Theilstrich 0 des Verniers an das eine Ende r jenes Stücks zu legen, weil man dann die von dem Künstler auf den Vernier getragenen Ziffern unmittelbar benutzen kann, ohne erst die Anzahl seiner Theilstriche einzeln zu zählen. Das Verfahren, welches man z. B. bei der Vermessung der geraden Linie PR zu beobachten hat, ist demnach kurz folgendes. Man lege den Maſsstab AA an die zu messende Linie genau parallel an und lese dann die ganzen Zolle auf dem Maſsstabe ab. Man sieht aus dem ersten Anblicke der Zeichnung, daſs die gesuchte Länge der Linie PR gleich 5 Zollen + dem Stücke QR ist. Um nun dieses Stück QR zu messen, legt man den Vernier BB an den bisher unverrückten Maſsstab AA genau parallel und so an, daſs das 0 des Verniers mit dem letzten Endpuncte R des

Fig. 264.

Stücks QR coincidirt, und sieht dann zu, welcher Theilstrich des Verniers in dieser Lage mit einem Theilstriche des Maſsstabes coincidirt. Dieses ist hier der Theilstrich V des Verniers, also hat das Stück QR die Länge von $\frac{1}{10}$ Zoll, die ganze gesuchte Länge der Linie PR ist also gleich $5\frac{1}{10}$ oder $5\frac{1}{2}$ Zoll, und ebenso in allen andern Fällen.

L.

Versteinerungen.

Petrefacten, versteinerte oder petrificirte Körper; *Petrefacta, Petrificata;* Petrifications; *Petrifications.*

Es wurde bereits einige Male auf diesen Artikel, insbesondere aber wurde bei der Aufzählung der Bestandtheile unserer Erde[1] auf diejenigen Untersuchungen verwiesen, welche diesem Gegenstande gewidmet werden sollten, den man früher als der physischen Geographie angehörend betrachtete. In den neuesten Zeiten wurde jedoch dieser Zweig durch stets hinzugekommene Thatsachen so auſserordentlich erweitert, daſs er ein eigenes umfassenderes Studium erfordert und daher in Folge der Vergleichung der frühern mit den jetzigen Naturkörpern mehr in das Gebiet der Geologie, Botanik und Zoologie übergegangen ist, welche specielle Zweige der Naturforschung jedoch auſser dem Bereiche meiner Studien liegen. Hiernach kann es dem Zwecke dieses Werkes nicht angemessen seyn, in ausführliche oder gar erschöpfende Betrachtungen namentlich über die zahllosen Arten der Versteinerungen einzugehn und sie vollständig sowohl aufzuzählen, als auch zu beschreiben, vielmehr werden einige, auch dem Physiker unentbehrliche, allgemeinere Angaben genügen.

Unter Versteinerungen versteht man die fossilen Ueberreste der Thier- und Pflanzenwelt, welche aus einer mehr oder weniger ältern Periode abstammen und durch äuſsere Einwirkung, insbesondere das Eindringen mineralischer Substanzen

1 S. Art. *Erde.* Bd. III. S. 1113.

Digitized by Google

in ihre Maſse, ſo verändert worden ſind, daſs ſie in ihrer jetzigen Beſchaffenheit eine mittlere Claſse zwiſchen organiſchen und unorganiſchen Körpern ausmachen, indem ſie nicht ſelten bloſs noch durch ihre Geſtalt andeuten, daſs ſie urſprünglich zur erſten gehörten. Die in ihre Maſse eingedrungenen mineraliſchen Subſtanzen, wodurch häufig die urſprünglich organiſche Beſchaffenheit ſo vollſtändig zerſtört wurde, daſs bloſs noch die frühere Form zurückblieb, ſind hauptſächlich Kieſelerde, noch mehr Kalkerde, Metalle, vorzüglich Eiſenkies und Kupferkies, Bitumen u. ſ. w. Zuweilen ſind die Ueberreſte der Thierwelt, namentlich die Knochen, bloſs ihres Fettes und des gelatinöſen Antheils beraubt, und da die weicheren Beſtandtheile gleichfalls fehlen, ſo beſtehn viele Petrefacten aus wenig veränderten Knochen, die ihre Geſtalt noch völlig beibehalten haben; in manchen Fällen iſt ſogar die Gelatina noch nicht gänzlich zerſtört, ja bei einigen foſſilen Ueberreſten einer frühern Schöpfung, die im Eiſe erhalten wurden, finden ſich ſelbſt die weichern Theile nebſt den Haaren, und bei einigen, in groſser Menge unter der Erde aufgehäuften, deutet ein auffallender Modergeruch die noch gegenwärtig fortdauernde Zerſetzung an. Auf gleiche Weiſe haben Ueberreſte einer frühern Pflanzenwelt noch ihre vollſtändige Structur beibehalten und ſind bloſs durch lange anhaltenden ſtarken Druck, mitunter durch Hitze, umgewandelt oder von Bitumen durchdrungen. Man erſieht hieraus, daſs alles das, was man unter dem gemeinſamen Ausdrucke *Petrefacten* oder *Verſteinerungen* zuſammenfaſst, eine weitläuftige Claſse von Körpern bildet, die von einer vollſtändigen Umwandlung in unorganiſche Gebilde bis zur noch völlig organiſchen Structur übergehn und bei denen alſo ihre Abſtammung aus einer früheren, über die jetzige geſchichtliche Periode, vielleicht und mindeſtens zum Theil über die gegenwärtige äuſsere Beſchaffenheit unſers Erdballs, hinausgehenden Zeit hauptſächlich den Beſtimmungsgrund abgiebt, ſie in eine eigenthümliche Claſse zu ordnen.

Ehemals betrachtete man die Verſteinerungen als Naturſpiele (*luſus naturae*), indem man glaubte, die ſtets zweckmäſsig und mit Ordnung groſsartig ſchaffende Natur erzeuge zuweilen gleichſam zum Spaſs nutzloſe und ſonderbare Producte, eine Anſicht, die ſich auf eine vorzüglich lächerliche

Digitized by Google

Weise herausstellte, als Beringer[1] in der Gegend von Würzburg diese Erzeugnisse sammelte und darunter auch diejenigen Stücke aufnahm, welche die Schüler künstlich in Töpferthon gebildet hatten, um seines löblichen, aber irregeleiteten Forschereifers zu spotten. Nicht minder hinderlich war das Vorurtheil, wonach man die Reste einer frühern Schöpfung von den durch die Sündfluth untergegangenen Thieren und gewissen riesenhaften Menschen ableitete, die in vorgeschichtlicher Zeit gelebt haben sollten, weswegen noch in Kirchen und Museen Knochen von Cetaceen und Landthieren aufbewahrt werden, die von jenen antediluvianischen Riesen abstammen sollen. Erst nachdem man anfing, diese Ueberreste vorurtheilsfrei zu untersuchen und das Zusammengehörige nach verschiedenen Classen zu ordnen, wurde mehr Licht über das Ganze verbreitet und Zusammenhang in diesen Zweig der Naturwissenschaften gebracht. Pallas, Dolomieu, de Luc, Rosenmüller, Sloane, d'Aubenton, Blumenbach, vorzugsweise Cuvier, dann v. Schlotheim, Leopold v. Buch, Buckland, Brongniart, Goldfuss, Bronn und Andere haben sich hierum verdient gemacht[2]. So weit meine in diesem Gebiete nur mangelhaften Kenntnisse reichen, will ich versuchen, aus diesen gröſsern Werken eine kurze Uebersicht des Wesentlichsten mitzutheilen, um den früher als noth-

---

1 *Lithographia* Wirzeburgensis. 1726. fol.

2 Aus der weitläuftigen Literatur erwähne ich nur: Blumenbach specimen archaeologiae telluris cet. Gott. 1803. 4. Vergl. Comment. Soc. Reg. Gott. T. XV. p. 123. Comm. Rec. T. III. Am vollständigsten ist: Recherches sur les ossements fossiles cet. par M. le Baron de Cuvier. 5 T. Par. 1821 ff. Ein Auszug daraus: Discours sur les révolutions de la surface du globe etc. par M. le Baron de Cuvier. Nach der 5ten Aufl. (Par. 1828.) übersetzt mit Anm. von Nöggerath. Bonn 1830. 2 Voll. 8. Histoire des Végétaux fossiles ou recherches botaniques et géologiques sur les Végétaux renfermés dans les diverses couches du Globe. Par M. Ad. Brongniart. 1re Liv. Par. 1828. 4. Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzigen Standpuncte u. s. w. Von E. F. Baron v. Schlotheim. Gotha 1820. Mit K. Lethea geognostica oder Abbildung und Beschreibung der für die Gebirgsformationen bezeichnendsten Versteinerungen. Von H. G. Bronn. 8. Mit Kupf. in gr. 4. Unter den ältern Werken sind Bouguer Traité des Petrifications. Par. 1742. 4. und 1772. 8. und Walch Naturgeschichte der Versteinerungen. Nürnb. 1768. 4 T. fol. am bekanntesten.

Digitized by Google

wendig zur Physik gehörigen Gegenstand nicht ganz zu übergehn.

Eine eigene, ebenso zahlreiche als merkwürdige Classe von Versteinerungen ist in neuester Zeit durch Ehrenberg[1] aufgefunden und dadurch der Umfang unserer Kenntniſs der Ueberbleibsel aus frühern Perioden der Erde auffallend erweitert worden. Durch einige Spuren, insbesondere Fischer's vorläufige Beobachtungen, geleitet untersuchte jener eifrige Naturforscher die verschiedenen Arten Tripel und Polirerden und fand, daſs sie fast ganz aus versteinerten Infusorien und deren Theilen bestehn. Mit Anwendung starker Vergröſserungen vermochte er sogar die verschiedenen Arten durch Kieselerde versteinerter Thiere im Franzensbader Gestein und dem dortigen Kieselguhr, im Kieselguhr von Isle de France, im Bergmehl von Santa Fiora oder San Fiore, im Polirschiefer von Bilin, im käuflichen Blättertripel, im Klebschiefer von Menilmontant und im Feuerstein zu unterscheiden. Der gröſste Theil dieser Infusorien, welche den noch jetzt vorkommenden oft vollkommen gleichen, ist so wohl erhalten, daſs sich die Gestalten derselben besser, als bei den lebenden, unterscheiden lassen. Ehrenberg leitet diese genaue Erhaltung der von Kieselerde durchdrungenen Panzer jener Thiere aus der Glühhitze ab, welcher sie ausgesetzt waren, die den Kohlenstoff zerstörte, so daſs die im Wasser auflöslichen Erden fortgespült wurden. Die Gröſse der Infusorien im Polirschiefer beträgt im Mittel $\frac{1}{288}$ einer Linie oder $\frac{1}{6}$ eines menschlichen Kopfhaares, letzteres zu $\frac{1}{48}$ Lin. Dicke angenommen, wonach auf eine Kubiklinie in runder Zahl 23 Millionen und auf einen Kubikzoll 41000 Millionen solcher Thierchen kommen, deren Gewicht also nicht mehr als $\frac{1}{187}$ Milliontel eines Grans beträgt. Durch die Nachricht hiervon aufmerksam gemacht untersuchte Retzius das Bergmehl, welches, im Kirchspiel Degernae an der Grenze Lapplands befindlich, bei der im Jahre 1832 statt findenden Hungersnoth mit Kornmehl und Baumrinde vermischt zu Brod verbacken wurde und nach einer Analyse von Berzelius[2] aus Kieselerde mit organischen Bestandtheilen ge-

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 213. XXXIX. 101. XL. 143. XLII. 470.

2 Ebendas. XXIX. 261.

Digitized by Google

mischt besteht. Auch hierin wurden gegen zwanzig Arten versteinerte Infusorien gefunden, deren einige noch jetzt lebenden vollkommen gleichen. Nicht minder besteht ein unweit Ebsdorf in der Lüneburger Heide aufgefundenes, 18 Fuſs mächtiges Lager einer weiſsen, mehlartigen Substanz aus reiner Kieselerde, die bloſs aus Infusorienschalen nach Art des Bergmehles von Santafiora gebildet ist, und ebendiese sind in einem darunter liegenden, 10 Fuſs mächtigen Lager von gelblicher Farbe, welches durch etwas Bitumen gefärbt ist, enthalten. Einige dieser Arten finden sich noch jetzt in der Umgebung von Berlin, ihre Panzer bestehn ganz oder gröſstentheils aus Kieselerde und die Umwandlung derselben in mehlartige Massen scheint dadurch herbeigeführt worden zu seyn, daſs sie bei verschiedenen unbekannten Katastrophen der Erdoberfläche der Glühhitze ausgesetzt waren. Es darf hier die in Beziehung auf den Versteinerungsproceſs wichtige Bemerkung angereiht werden, daſs es den Bemühungen Göppert's[1] gelungen ist, Pflanzentheile mit Metalloxyden oder Kieselfluorwasserstoffsäure zu imprägniren und durch nachheriges Glühen in wahre Petrefacten, mit Beibehaltung ihrer Formen, zu verwandeln, woraus er schlieſst, daſs viele jetzt vorhandene versteinerte Vegetabilien auf gleiche Weise von Kieselerde oder metallischen Stoffen durchdrungen und dadurch versteinert worden seyn können. Wenn man von diesen Resultaten ausgeht und zugleich berücksichtigt, daſs die Natur überall mit gröſsern Mitteln operirt, die wir durch Kunst nicht in gleicher Ausdehnung anzuwenden vermögen, so wird leichter begreiflich, wie manche versteinerte Holzarten noch die einzelnen Jahrringe und die übrigen Formen gerade so zeigen, wie sie im lebenden Zustande vorhanden waren.

Die Versteinerungen gehören im Allgemeinen entweder zum Thierreiche oder zum Pflanzenreiche und die Menge der erstern ist bei weitem die gröſste. Unter diesen unterscheidet man

A) die *versteinerten Seegeschöpfe*[2], deren Zahl so groſs und deren Verbreitung so allgemein ist, daſs man hieraus zu

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 567. Vergl. XLII. 593.

2 Vergl. Conchiliologia fossile subappenina con osservazioni geologiche cet. Da G. Brocchi cet. Milano 1814. 2 T. 4. System der

Digitized by Google

folgern veranlaſst wird, unsere Erde sey in frühester Zeit überall mit Wasser bedeckt gewesen. Unter diese gehören als hauptsächliche Arten:

1) Die *Testaceen*, wozu die *Ammoniten* oder *Ammonshörner* gehören, die von der Gröſse einer Linse bis zu der eines Wagenrades, meistens in Kalkstein, zuweilen in Schwefelkies oder auch Kupferkies verwandelt, gefunden werden und durch ihre eigenthümliche, den Widderhörnern des Jupiter Ammon ähnliche Gestalt leicht kenntlich sind. Man unterscheidet mehrere Hundert Species, findet selten die Schale erhalten, desto öfter das Volumen des innern weichen Körpers aus Steinmasse nachgebildet, und gewahrt nur eine geringe Aehnlichkeit derselben mit noch lebenden sehr kleinen Thieren, welche hauptsächlich Soldani[1] zuerst im Meeresschlamme bei Rimini fand. In geringerer Menge werden, besonders im schwärzlichen Kalkstein, die *Orthoceratiten*, *Belemniten* oder sogenannten Donnerkeile, *Discolithen* und *Phaciten* gefunden, welche letztere mit einer Species der *corallina officinalis* von Corsica Aehnlichkeit haben. In sehr groſser Menge sind die versteinerten Muscheln, als *Ostraciten*, *Anomiten*, *Gryphiten*, *Hysterolithen*, *Pantoffelmuscheln* und andere, vorhanden, minder häufig das von Thomson gefundene *Cornu copiae*, die *Muriciten*, *Dentaliten* und *Serpuliten*. Alle diese stammen aus der Urwelt und ihre Arten sind jetzt nicht mehr vorhanden, was hinsichtlich des *Balanites porosus*, der groſsen *Terebratuliten* und der *Strombiten* zweifelhaſt ist; dagegen findet man sowohl versteinert als noch lebend die gemeinen *Terebratuliten* und den *Trochus lithophorus*.

2) Die *Crustaceen*[2], worunter die versteinerten Krebse und Krabben gehören.

3) Die *Radiarien*, wozu die *Echiniten* oder Stachelthiere gerechnet werden, die man nur selten mit ihren Stacheln, desto häufiger die letzteren allein und den versteinerten Körper

urweltlichen Conchylien-Geschlechter u. s. w. Von H. Bronn. Heidelb. 1821. fol.

1 Lichtenberg's Magaz. Th. I. S. 75.

2 Vergl. Histoire naturelle des Crustacés etc. savoir les Trilobites par Alex. Brongniart etc., les Crustacés proprement dits par A. G. Desmarest etc. Par. 1822. 4.

des Thieres gleichfalls für sich allein findet. Höchst merkwürdig sind die *Encriniten*, Reste eines pflanzenartigen Polypenthieres, welches mit seinem Fuſse auf dem Boden des Meeres festgesessen zu haben scheint und die tulpenartigen Blätter seines obern Endes bald entfaltet, bald geschlossen hat. Einzelne Glieder seines Stieles findet man in groſser Menge, auch zu zwei und mehreren noch zusammenhängend, als *Entrochiten* oder Rädersteinchen. Eine diesen ähnliche Species soll sich in dem Meere der Antillen finden.

4) Die *Corallien*, deren viele Species von *Madreporiten* und *Milleporiten*, die an den Küsten von England, in Frankreich, Deutschland und Italien gefunden werden, auffallende Aehnlichkeit mit denen haben, die noch jetzt in südlichen Meeren leben.

5) Die *Ichthyolithen* oder versteinerten Fische finden sich in groſser Menge und von den verschiedensten Gestalten. Dahin gehört die groſse Menge der Abdrücke von Fischgerippen auf Schiefer, namentlich im Mansfeld'schen, und diesen ganz ähnliche zu Sunderland in England[1]. Von den im mansfeld'schen Kupferschiefer vorkommenden bemerkt Freiesleben[2], daſs ihre Körpermasse in eine dem schlackigen Erdpech ähnliche Pechkohle verwandelt ist, welche im Abdrucke die Stelle des Fisches einnimmt, selten 0,5 Zoll, meistens kaum einige Linien dick ist und zuweilen mit Kupferkies, Kupferglas und Buntkupfererz überzogen zu sein scheint. Ueber die Art dieser Umwandlung geben Göppert's neueste Versuche[3] interessante Aufschlüsse. Zu Ilmenau findet man Fische mit Bleiglanz durchzogen. Die im Mansfeld'schen vorkommenden sind im Mittel 1,5 bis 27 Zoll lang und verhältniſsmäſsig bis 6 Zoll breit, doch finden sich auch seltene Exemplare von 3 Fuſs Länge und 1 Fuſs Breite; meistens liegen sie auf der Seite, selten auf dem Bauche, und beim Spalten des Gesteins enthält die obere Platte den Fisch, die untere den Abdruck; nicht selten sind die Fische kreuzweise über einander gelagert, und dann läſst sich das ehemalige Fleisch des einen von dem des andern trennen. Die Petrefactologen unterscheiden unter den

1 G. LXX. 349.
2 Geognostische Beiträge. Freiberg 1807 ff.
3 S. a. o. a. Orte.

Digitized by Google

vorkommenden zweierlei Arten Bauchflosser, wovon die einen den jetzigen Döbbeln, Weiſsfischen, Gründlingen und Heringen ähneln sollen, die andern nie unter 18 Zoll lang und von hechtartigem Ansehn sind. Spitzschwänze (*cepola*) mit chagrinartiger Haut findet man nur in Bruchstücken. Uebrigens sind die Bestimmungen der vorkommenden Arten und Species schwierig, denn es scheinen sich nicht bloſs Süſswasserfische, sondern auch Seefische dort zu finden, wie nicht minder sonstige versteinerte Seethiere und Muscheln, desgleichen in Pechkohle verwandelte Abdrücke von kriechenden und wurmförmigen Thieren, Amphibien, Schnecken, Abdrücke von Gewächsen, als Lycopodien, Farrenkräutern, schilfartigen Blättern, bambusrohrähnlichen Stengeln, selbst von Blumen, Beeren und Fruchthülsen, endlich selbst verkohlte Holzstücke. Auf dem Cap der guten Hoffnung fand Lichtenstein[1] eine Menge Abdrücke auf Schiefer; sie glichen dem Aal, waren 3 Fuſs lang und auf 5000 Fuſs Höhe die einzigen Ueberreste der Vorwelt, die er entdecken konnte. Unter die schönsten Petrefacten von Fischen gehören die in groſser Vollständigkeit erhaltenen im thonhaltigen Kalkstein auf der Bolca bei Verona, wo sie in groſser Menge gefunden worden sind und noch, wiewohl seltener, gefunden werden. Sie sollen sämmtlich solchen Arten angehören, welche man gegenwärtig nicht mehr findet[2]. Sehr groſs ist die Zahl der gefundenen sogenannten Haifischzähne (*Glossopetren, Ichthyodonten* u. s. w.), von denen angenommen wird, daſs sie den Geschlechtern *Carcharias*, *Galeus, Cunicula* u. s. w., überhaupt den Squalen zugehört haben. Diese Thiere müssen sehr häufig gewesen seyn, da man eine unglaublich groſse Menge solcher Glossopetren bei Malta, in Toscana und Calabrien findet. Ein in der Gegend von Paris gefundener Zahn war 3 Zoll 3 Lin. lang und 3 Zoll breit, wonach Lacépède die Gröſse des Thiers zu 70 Fuſs 9 Zoll berechnet, und dennoch soll man bei Malta noch gröſsere gefunden haben. Auch die Türkise hält man für Zähne und Knochen, die von Kupferoxyd durchdrungen sind.

---

1 Reisen. Bd. I. S. 151.

2 Gr. Sternberg. Heft 1. S. 14. Vergl. die versteinerten Fische u. s. w. Von de Blainville. Ueb. von J. F. Krüger. 1823. 8.

Digitized by Google

6) Ueberreste von versteinerten Wallfiſchen, Delphinen und Seekälbern giebt es viele und wohlerhaltene, die man namentlich in Italien, den Niederlanden und Frankreich gefunden hat.

B. Die Ueberreste von *Amphibien* aus der Vorwelt sind zwar in geringerer Menge, aber dennoch sehr zahlreich vorhanden. Man rechnet dahin

1) die bei Mastricht, Burgtonna u. s. w. gefundenen *Schildkröten.*

2) *Crocodile*, die man von ungeheurer Gröſse namentlich im Petersberge bei Mastricht, in Baiern und an andern Orten gefunden hat, was sehr auffallen muſs, da die jetzt lebenden sich bloſs an groſsen Flüssen finden[1]. Cuvier fand unter mehreren Reptilien in Frankreich auch ein *Gavial* vom Ganges und Eidechsenarten, die er zur Species *Sauvegarde* oder *Tupinambis* rechnet. Sie fanden sich in tieferen Lagern, als die Reste von Landthieren, und sind daher muthmaſslich älteren Ursprungs. Im Thale des Magdalenenflusses ward 1791 ein vollständiges Exemplar eines Crocodils gefunden, welches aber leider zerbrochen wurde; auch fand Cuvier zwischen Versteinerungen von Seegeschöpfen eine Species von *Monitor*, wahrhaft riesenmäſsig, von 25 F. Länge mit einem verhältniſsmäſsig kurzen Schwanze. Ueberhaupt hat man eine Menge wunderbar gestalteter Reptilien aufgefunden, die man unter der Classe der *Saurier* zusammenfaſst. Dahin gehört der von Everard Home[2] zuerst gesehene *Protosaurus* oder *Ichthyosaurus*, der von Conybeare entdeckte, wegen seiner Gröſse so genannte *Megalosaurus*, und das diesen ähnliche, durch Mantel[3] aufgefundene *Iguanodon.*

C. *Ornitholithen* oder Ueberreste urweltlicher Vögel müssen der Natur der Sache nach im Verhältniſs zu den eben genannten Thierclassen selten seyn, wenn anders die Vorstellungen, welche sich die Geologen von der früheren Beschaffenheit der Erdoberfläche machen, von der Wahrheit nicht sehr abweichen; denn die äuſsere Erdrinde konnte immerhin den Infusorien, Seethieren und Amphibien lange vorher einen

---

1 Sömmering in den Münchener Denkschriften. 1817. S. 9.
2 Philos. Trans. 1809. p. 209.
3 Cuvier Recherch. T. V. P. III. p. 417.

geeigneten Aufenthaltsort darbieten, ehe die ungleich feiner organisirten Bewohner der Luft und der Wälder angemessene Nahrung fanden. Es war daher erst im Jahre 1781, als Darcet aus den Gypsbrüchen von Montmartre ein wohlerhaltenes Exemplar eines versteinerten Vogels erhielt, welchen Lamanon zum Geschlechte der Meisen rechnete[1]. Später hat man ebendaselbst noch andere Reste gefunden, aber zu klein, um gehörig classificirt zu werden[2], inzwischen überzeugte sich Cuvier hierdurch zuerst von der wirklichen Existenz solcher Petrefacten, die man später in gröſserer Menge gefunden hat[3].

D. Die Menge der *versteinerten Landthiere* ist sehr groſs, und sie machen sowohl den interessantesten als auch den schwierigsten Theil der Petrefactologie aus. Man unterscheidet zuerst ganz *unbekannte Arten*[4]. Dahin gehört

1) Das *Mastodon* oder der ehemals so genannte fleischfressende Elephant vom Ohio, welcher, nach den gefundenen Ueberresten zu schlieſsen, die ganze Strecke vom Ohio bis zu den Patagonen bewohnt haben muſs. Es unterscheidet sich von dem noch häufigern Mammut durch seine ungeheuern Backenzähne, auf deren Krone paarweise kegelförmige Zacken aufsitzen. Vorzugsweise findet man die Ueberreste dieses Thieres in Nordamerica, namentlich in der Gegend der Salzsümpfe, wo auch C. W. Peale die zwei sehr vollständigen Gerippe ausgraben lieſs, deren eines nach Philadelphia, das andere nach London kam; indeſs gehn sie nicht über den 43sten Grad nördl. Breite hinaus. V. Humboldt[5] fand einzelne Knochen im Campo de Gigante, nahe bei Sta. Fé in einer Höhe von 8220 Fuſs, und Cuvier glaubte mehrere Species dieses Thieres unterscheiden zu können: a) die gröſste am Ohio, wovon eben geredet wurde; b) *Mammifère de Simore*, von der kleinen Stadt dieses Namens in Gascogne, wo

1 Lichtenberg Magaz. Th. I. S. 22.

2 Journ. de Phys. T. LXII. p. 69.

3 Vergl. Ebel Anleitung die Schweiz zu bereisen. Th. III. S. 586.

4 Vergl. Esper Nachrichten von neuentdeckten Zoolithen unbekannter vierf. Thiere. Nürnb. 1774. fol.

5 Vergl. Journ. de Phys. T. LXVII. p. 330.

Digitized by Google

man mehrere Zähne des Mastodon mit den sogenannten Türkisen vereint gefunden hat; c) das kleine Mastodon, dem vorigen völlig gleich, nur ein Drittel kleiner; d) das Mastodon der Cordilleren; e) das sogenannte Humboldt'sche[1], weil dieser berühmte Naturforscher die ersten Knochen davon nach Europa brachte, um ein Drittel kleiner, als das vorhergehende; f) das dem Tapir ähnliche *Mastodonte Tapiroide.*

2) Viel ist verhandelt worden über das *Megatherium* und das *Megalonyx*, wovon man Knochen zu Buenos Ayres, in Virginien und Paraguay gefunden hat und welches unter die gröſsten Landthiere gehört haben muſs. Ein aufgefundenes Gerippe war 12 Fuſs lang und 6 Fuſs hoch, von starken Knochen und schnabelförmig verlängerten Kinnbacken, in denen sich bloſs Backenzähne fanden. An den Vorderfüſsen hat es drei starke und spitze Klauen in einer Scheide, an den Hinterfüſsen nur eine groſse, wovon der eine Name desselben entnommen ist. Faujas de Saint Fond[2] setzt es zwischen Faulthier, Armadill und Ameisenbär. Von den zu Paraguay gefundenen Knochen wurde ein zu Madrid befindliches Skelett zusammengesetzt, und Jefferson hat ein Megalonyx beschrieben, was dem Megatherium zwar ähnlich, aber kleiner ist. Die Petrefactologen haben über die Beschaffenheit des Thieres wegen mangelhafter Beschreibung, einer Folge der verhältniſsmäſsig wenigen, bisher aufgefundenen Reste, noch nicht entschieden.

3) Von *Palaeotherien* kommen viele Ueberreste in den tieferen Lagen der Gypsbrüche auf dem Montmartre vor, nach denen sich fünf Species dieser grasfressenden Thiere unterscheiden lassen, die von der Gröſse eines Pferdes bis zu der eines Schafes abnehmen.

4) Ebendaselbst, in den höhern Lagen, finden sich Ueberbleibsel von *Anoplotherien*, nach denen Cuvier gleichfalls fünf Species unterscheidet, die zwischen die Gröſse eines Esels und eines Kaninchens fallen.

5) Ein seltenes, hierher gehöriges Thier der Vorwelt ist der *Pterodactylus*, auch *Ornithocephalus* genannt, von der Gestalt einer Eidechse mit dem Kopfe eines Vogels. Nach

---

1 Ann. du Musée d'Hist. Nat. T. VIII.

2 Essai geol. Par. 1805.

Digitized by Google

einem in der Münchener Sammlung vorhandenen Exemplare zählte Sömmering[1] dieses Thier, welches Cuvier für eine fliegende Eidechse hält, zu den vierfüſsigen Thieren.

Als versteinerte Landthiere, deren Gattungen noch jetzt auf der Erde vorhanden sind, kann man unterscheiden:

1) Das *Mammut*, wovon wahrhaft zahllose Ueberreste vorhanden sind, die in Italien, Frankreich, Deutschland, England und vorzüglich in Sibirien in solcher Menge vorkommen, daſs namentlich die wohlerhaltenen und daher noch zum Verarbeiten geeigneten Zähne, das *ebur fossile,* einen bedeutenden Handelszweig der dortigen Völkerstämme abgeben. Die Ueberreste dieses riesenhaften Thieres der Vorwelt wurden zuerst allgemeiner bekannt durch ein am Ende des vorletzten Jahrhunderts bei Burgtonna ausgegrabenes Exemplar, welches Tenzel[2] als riesenhaftes Elephantengerippe beschrieb. Bald nachher fand man noch ein Skelett bei Erfurt, und seitdem sind in jenen Gegenden, so wie auch in vielen andern, theils vollständige Exemplare, theils einzelne Theile aufgefunden worden, die gegenwärtig unter die gemeinsten Versteinerungen gehören. Wohl erhaltene Theile fand man unter andern bei Erfurt[3]; im Sommer 1810 wurde bei Samson-Haza in Ungarn durch eine Ueberschwemmung eine Menge solcher Knochen entblöſst[4]; Canstadt bei Stuttgart hat acht solche Gerippe geliefert[5], Thiede im Braunschweig'schen deren fünf, und dabei unter andern zwei Fangzähne von 11 und 14 Fuſs Länge; in einer sumpfigen Gegend bei Chester finden sich solche Knochen in Menge[6], und so an vielen andern Orten. Aus der Lage der Schichtungen bei Paris glaubte Cuvier[7] folgern zu können, daſs die Erde mehrere einander folgende Katastrophen erlitten habe, unter denen die-

1 Münchner Denkschr. 1811. S. 89.

2 Epistola de sceleto elephantino, Tonnae nuper effosso. Goth. 1696.

3 Lichtenberg's Mag. Th. III. St. 4. S. 1. Lettres sur les os fossiles d'éléphans et de rhinocéros qui se trouvent en Allemagne. Darmst. 1783. (Vom Kriegsrath Merk.)

4 Museum des Wundervollen. Th. II. St. 3.

5 V. Leonhard mineralogisches Taschenbuch. Th. XV. S. 181. Th. XVIII. S. 651.

6 Mitchil in Journ. de Phys. T. XCII. p. 291.

7 Mém. de l'Instit. T. IX. p. 70.

Digitized by Google

jenige die letzte war, bei welcher die Mammute umkamen, eine Hypothese, welche sehr im Einklange steht mit der Thatsache, daſs am Einflusse des Vilhoui in die Lena, oben im nördlichen Sibirien, durch den Tungusenchef Schumachof ein vollständiges, noch mit Fleisch, Haut und Haaren versehenes Exemplar im Eise des dort stets gefrorenen Bodens gefunden wurde. Adams[1], Aufseher des Naturaliencabinettes zu Petersburg, kaufte es und lieſs es skeletiren. Das Thier hatte dicke, krause, wollige Haare, eine Mähne, keinen Rüssel und keinen Schwanz, das Skelett ist 4 Arschinen hoch und von der Nase bis zum Schwanzbeine 7 Arschinen lang, der eine Fangzahn hatte 15 F. Länge, beide wogen 400 ℔. und waren von den Jakuten für 50 Rubel verkauft worden. Später sind noch mehrere, minder vollständig erhaltene Exemplare gefunden worden, unter andern eins am Ufer des Eismeers, wovon der Schiffscapitain Papatoff eine Probe der 3 bis 4 Zoll langen, dicken, krausen, grauschwärzlichen Haare erhielt[2]; auch ist in jenen Gegenden bekannt, daſs solche Reste vorhanden sind, und die dortigen Völkerschaften gehn darauf aus, sie zu suchen. Sogar im ewigen Eise der Nordküste von America, in der Eschscholzbai, fanden die Naturforscher der ersten, unter Kotzebue gemachten Entdeckungsreise Mammutknochen[3], auch sind später durch Capitain Beechey zwei Zähne von der Westküste America's aus der Nähe dieser Bai mitgebracht worden. Alle diese Thatsachen, wozu noch der Umstand kommt, daſs es wahrscheinlich mehrere Species dieser Thierart gab, machen begreiflich, wie man zu den verschiedenen Hypothesen veranlaſst wurde, um erklärlich zu finden, auf welche Weise diese Thiere in einem solchen Zustande dort erhalten worden seyn möchten[4], wonach man sie bald den tropischen, bald kälteren Regionen zugehörig, zuweilen für noch lebend vorhanden hielt. Es lassen sich sowohl für das Eine als auch für das

---

1 Programme d'invitation à la Séance publique de la Soc. Imp. des Naturalistes cet. par G. de Fischer. 1808. 4. Henke's Museum. Th. III. St. 4. Braunschweig. Mag. 1811. St. 33. u. a. a. O.

2 Tilesius in Mém. de Petersb. T. V. p. 406.

3 Kotzebue's Reise. Th. III. S. 171.

4 V. Zach monatl. Corr. Th. I. S. 21. Pallas in Comm. Pet. T. XVII. Cuvier in Ann. du Mus. d'Hist. Nat. T. VIII. G. LVII. 302. Brugnatelli Giorn. 1810 u. v. a.

Digitized by Google

Andere gewichtige Argumente geltend machen, deren Erörterung aber nicht hierher gehört.

2) Ueberreste des *Rhinoceros* sind zwar minder zahlreich, aber fast ebenso weit verbreitet gefunden worden. So wurde im J. 1751 ein vollständiges Gerippe bei Osterode ausgegraben und an Hollmann nach Göttingen gesandt[1], ein zweites von derselben Stelle kam 1809 an das Museum der naturhistorischen Gesellschaft in Hannover, und überhaupt sind dort viele Gerippe in Verbindung mit andern petrificirten Knochen von Bären u. s. w. gefunden worden[2]. Merkwürdig ist, daſs bei Plymouth eine Menge Rhinocerosknochen in Lehm sich in einer ringsum mit festem Gestein umschlossenen Höhle befand[3], eine Erscheinung, die man mehrmals beobachtet haben will, nämlich daſs groſse Mengen von Petrefacten in einer Umgebung von Stein lagen, die keinen Zugang von auſsen hatten, und daſs es daher räthselhaft schien, wie die Thiere lebend hineingekommen seyn möchten. Man findet die Rhinocerosknochen meistens mit Mammutknochen vereint, wie zu Canstadt und Thiede[4], und übereinstimmend mit dem oben bereits erwähnten Vorkommen des Mammut sah Pallas[5] ein ganzes, aber etwas beschädigtes Exemplar, welches 1771 im gefrornen Sande am Wilhui in 30 Fuſs Tiefe ausgegraben worden war.

3) Das *Dinotherium*, ehemals *Tapir* genannt, wovon mehrere Species unter verschiedenen Namen vorkommen, riesenmäſsig, dem Elephanten an Gröſse nahe kommend, wovon sich Ueberreste bei Comminge und Vienne im Delphinate, vorzüglich aber zu Eppelsheim bei Darmstadt gefunden haben. In den Gypsbrüchen bei Paris will Cuvier Reste von fünf Species gefunden haben, die von der Gröſse eines Kaninchens

---

1 Comment. Soc. Gott. T. II.

2 Blumenbach in G. XLV. 425.

3 G. LVII. 302. Buckland bezweifelt diese Angabe. Die Hauptfrage ist, ob festes Gestein oder nur Erde die Eingänge der Höhlen verschlieſst, auch kann die anscheinend feste Felsart aus Tropfstein bestehn.

4 Ebend. LVIII. 120. Geschichte der Entdeckung, auch Darstellung des geognostischen Vorkommens der bei dem Dorfe Thiede gefundenen merkwürdigen Gruppe fossiler Zähne und Knochen urweltlicher Thiere. Von Carl Bieling. 1818. 4.

5 Voyage. T. V.

Digitized by Google

bis zu der eines Pferdes übergehn und sich bloſs durch die Zahl ihrer Fuſszehen unterscheiden.

4) Das *Riesen-Elen* zeichnet sich durch die enorme Gröſse seiner Geweihe aus. Bei einem in Irland gefundenen Exemplare, wo sie, wie in Italien, am häufigsten vorkommen, war der Schädel eine Elle breit und die Spitzen des etliche Centner schweren Geweihes standen 14 Fuſs auseinander[1].

Endlich giebt es noch eine Menge Ueberreste von Thieren der Vorwelt, die den jetzt lebenden im hohen Grade gleichen und von denen man daher annehmen kann, daſs sie zu den noch vorhandenen Species gehören. Solche sind

1) das *Hippopotamus* oder Nilpferd, kleiner als diejenigen, die man im Innern von Africa findet.

2) Die *Urstierarten*, wovon sich zahlreiche Ueberreste *bei* Ofleben, im Rheinthale und sonst in Deutschland, so wie in Frankreich, England und Italien finden, müssen dem jetzigen Rindvieh im hohen Grade ähnlich gewesen seyn, jedoch zeichnen sich einige der ausgegrabenen Reste, namentlich die Hörner, durch ihre Gröſse sehr aus. Nach einem bei Ofleben gefundenen Exemplare nannte Blumenbach das Thier den Urstier und nahm an, daſs die jetzt lebende Species davon abstamme. Das eine Horn wog 6 ℔., das andere 8 ℔. 3 Loth und war 2 Fuſs 3,5 Zoll lang; bei einem schönen, Isimbardi angehörigen Exemplare in Mailand miſst der Knochen des Horns unten 14 Zoll, der Raum zwischen den Spitzen beider 43 Zoll 3 Lin., zwischen den Wurzeln 14 Z. 3 Lin. und die Länge des einen 19 Z. 6 Linien. Bei einem andern im Jahre 1772 in der Tiber gefundenen kolossalen Kopfe beträgt die Breite des Schädels zwischen den knöchernen Axen beider Hörner 2 Fuſs 2 Zoll und die Krümmung des einen Horns 4 Fuſs. Inzwischen sind nicht alle Schädel von so enormer Gröſse, manche vielmehr übertreffen die der ungarischen Ochsen nicht und viele sind selbst kleiner. Namentlich in Irland, aber auch in Frankreich und in sonstigen Ländern, findet man Reste dieser Thiere nicht selten in Torfmooren.

3) Knochen von *wilden Schweinen* und *Pferden*, denen

---

1 Philos. Trans. T. XIX. p. 489.

der jetzt lebenden gleichend, findet man zahlreich zwischen Elephanten- und Rhinocerosknochen in aufgeschwemmter Erde.

4) Vorzugsweise zahlreich finden sich in Höhlen Knochen von einer Species des Bären, den man deswegen Höhlenbär (*ursus spelaeus*) genannt hat, von Löwen, Tigern und Hyänen. Namentlich hat man in den Baireuth'schen und den Harzer Höhlen, so wie in verschiedenen in England, Frankreich und Italien eine Menge von Knochen dieser Thiere gefunden, die über jede Vorstellung hinausgeht. Bei der Gailenreuther Höhle ist der Boden mit allerlei Gerippestücken bedeckt, die Felsenwände sind damit durchflochten und in der Tiefe herrscht noch jetzt ein Modergeruch. Namentlich sind in einem kleinen Bezirke einer Nische 180 meistens ganze Schädel des Höhlenbären und Zähne in solcher Menge gefunden worden, daſs man die Zahl der daselbst umgekommenen Thiere auf 350 schätzen kann. Hiernach glaubt de Luc[1], daſs diese Thiere, deren Knochen man unglaublicher Weise mit einer ebenso groſsen Menge von Skeletten grasfressender Thiere vereinigt findet, durch eine Fluth zusammengeschwemmt seyn müſsten, was mit seiner Idee von einer allgemeinen Sündfluth zusammenfällt, Buckland[2] dagegen stellt in seinem gehaltreichen Werke nach den Erfahrungen, die er in England, namentlich bei der Höhle zu Kirkdale, gemacht hat, die Hypothese auf, diese Raubthiere, vorzüglich die Hyänen, hätten ihrer noch jetzt statt findenden Gewohnheit nach die grasfressenden Thiere bei längerem Aufenthalte als Beute hineingeschleppt, wofür der Umstand spricht, daſs die meisten Knochen der letztern zerbrochen sind; nach einigen Erscheinungen, die sich bei einer unweit Lüttich gefundenen groſsen Menge von Petrefacten darbieten, fühlt man sich geneigt anzunehmen, daſs die sämmtlichen Knochen in vielen Fällen durch flieſsendes Wasser zusammengespült worden sind.

5) Als eine eigene Classe thierischer Ueberreste aus der Vorzeit dürfen die vielen Knochen betrachtet werden, die sich in der *Knochenbreccie* im Felsen von Gibraltar, auf Corsica, an der europäischen Küste des mittelländischen Meeres, Italiens

1 Lettres adressées à M. Blumenbach. L. IV. p. 218.

2 Reliquiae diluvianae cet. sec. edit. Lond. 1826. 4. Prachtvoll mit Kupfern.

und Dalmatiens höchst zahlreich finden. Sie sind noch sehr gut erhalten, zum Theil bloſs calcinirt, gehören einer Menge verschiedener Species an, von denen jedoch keine dort jetzt noch lebend gefunden wird, auch sind sie mit keinen Versteinerungen von Seethieren vermengt.

Versteinerte Menschenskelette, *Anthropolithen*, giebt es nicht, obgleich mehrere Ueberbleibsel von Menschenknochen incrustirt, calcinirt und von metallischen Stoffen durchdrungen gefunden werden[1]. Dahin gehören unter andern die von Kalksinter durchdrungenen Skelette in den Katakomben auf Malta und Cephalonia[2]. Am meisten scheinen die merkwürdigen, auf Guadeloupe gefundenen, in einem verhärteten Kalkmergelfelsen eingeschlossenen, sehr gut erhaltenen menschlichen Gerippe zu den wirklichen Versteinerungen zu gehören[3]. Die ganze menschliche Gestalt ist bei diesen so wohl erhalten, daſs die Knochen keiner sonstigen Thierart zugehören können, wie bei manchen andern hierzu gezählten der Fall seyn dürfte. Die Eingebornen nennen diese Versteinerungen *Galibi*, wodurch nach König die Caraiben bezeichnet werden, die auf jener Insel ihre Todten zu beerdigen pflegten. Cuvier[4] meint, es könnten Leichen von Menschen seyn, die nach erlittenem Schiffbruch ans Ufer geschwemmt wurden, und beweist aus der Neuheit des Gesteins, daſs ihr Ursprung neuer seyn müsse, als die von ihm angenommene letzte Katastrophe der Erde. Hiermit stimmt v. Chamisso[5] im Ganzen überein, weil die einschlieſsende Steinart ein aus Bruchstücken von Seegeschöpfen, Sand, Thon u. s. w. entstandenes neueres Gebilde ist, demjenigen ähnlich, woraus manche der jüngsten Südseeinseln bestehn. Entschieden neueren Ursprungs sind auch die in Indien in Kalktuff, Morrum genannt, ausgegrabenen Abdrücke menschlicher Körper[6]. Incrustirte,

---

1 Sömmering de corp. hum. fabrica. T. I. p. 90. Vergl. Keferstein in v. Leonhard und Bronn Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. 1831. S. 40.

2 Annals of Philos. 1816. Aug. V. Leonhard und Kopp Propädeutik der Mineralogie. S. 230.

3 König in Philos. Trans. 1814. p. 107. Journ. de Phys. T. LXXIX. p. 196. G. LVIII. 198.

4 Die Umwälzungen der Erdrinde u. s. w. Th. I. S. 118.

5 V. Kotzebue's Reisen. Th. III. S. 31.

6 Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 409.

Digitized by Google

manchen sogenannten versteinerten Thierknochen völlig gleichende Menschenknochen, die sich daher von wirklichen Petrefacten kaum unterscheiden lassen, sind viele aufgefunden worden, z. B. durch Elsworth[1] in der Gegend von Connecticut, in einer Tiefe von 23 Fuſs, welche Ives und Knight für wirkliche Menschenknochen erkannten, verschiedene in England, namentlich bei Sommerset ausgegrabene nach Buckland[2], die in Deutschland bei Köstriz gefundenen nach v. Schlotheim[3] und die in Frankreich in einer Höhle bei Durfort unweit Alais entdeckten nach d'Hombres-Firmas[4] und Marcel de Serres[5], wovon sich jedoch mit groſser Sicherheit nachweisen läſst, daſs es Reste von Leichen sind, welche nach einem Gefechte in jene Höhle getragen und mit Kalksinter überzogen wurden, so daſs sie also nicht in die Classe der Petrefacten gehören. Räthselhafter könnten dagegen die einzelnen menschlichen Knochen erscheinen, welche nicht weit von Lüttich zwischen Thierresten verschiedener Art, die man jedoch zu den Petrefacten zu zählen keinen Anstand nimmt, vorkommen. Daſs die gefundenen Knochen wirklich von Menschen sind, unterliegt nach dem von Tiedemann ausgesprochenen Urtheile keinem Zweifel, und diese Thatsache könnte daher den noch feststehenden Satz des Nichtvorhandenseyns wirklicher Anthropolithen wankend machen, allein es ist dennoch aus überwiegenden Gründen gewiſs, daſs die wenigen gefundenen Knochen keinem Menschenstamme der Urwelt angehören und nicht aus einer Zeit herrühren, welche der jetzigen allgemeinen Beschaffenheit der Erdkruste voransging, wie bei so vielen Versteinerungen von Thieren und Pflanzen unverkennbar der Fall ist, sondern daſs sie aus der jetzigen geschichtlichen Zeit herstammen. Hierfür entscheiden auf das Bestimmteste die Bedingungen, daſs sie nicht mit Petrefacten ausgestorbener Thierarten vereint, nicht auf primitiven Lagerstätten und nicht in ganzen Skeletten vorkommen,

---

1 Ann. of Phil. N. XCV. p. 393.

2 Phil. Trans. 1822. P. I. p. 225. Bibl. Brit. T. XIV. p. 283.

3 Dessen Petrefactenkunde. Gotha 1820. Th. I. S. 1.

4 Biblioth. univers. 1821. Mai p. 32.

5 Ebend. T. XXIII. p. 277. T. XXIV. p. 11. Mém. du Mus. d'Hist. Nat. VIIme Ann. p. 372. Cah. 6. Journ. de Phys. T. XCII. p. 231.

Digitized by Google

und wo diese Bedingungen nicht statt finden, sind die aufgefundenen Reste von auſsen hineingefallen, meistens durch Wasser herbeigeschwemmt.

Versteinerungen oder auch nur Abdrücke von Insecten giebt es in Menge, namentlich im Oeninger Stinkschiefer, ferner die zahlreichen und sehr verschiedenen Species im Bernstein u. s. w.

Die vielen *fossilen Pflanzenreste* können uns hinsichtlich ihrer Umwandlung nicht auf gleiche Weise wunderbar erscheinen, da die oben erwähnten Versuche von Göppert zeigen, wie leicht und schnell vegetabilische Körper durch das Eindringen von mineralischen Stoffen in ihre Gefäſse mehr oder minder vollständig umgewandelt werden. Es geht dieses auſserdem aus dem schon früher bekannten Umstande hervor, daſs man fossiles Holz findet, welches an einer Stelle am Stahl Feuer giebt, an einer andern brennt; auch hat man Beispiele, daſs Pfähle im Wasser und Gerüsthölzer zum Theil versteinert sind, wie z. B. namentlich einer von den Pfeilern der von Trajan über die Donau gebauten Brücke 0,5 Zoll tief in Achat verwandelt war und die zu Orleans beim Wölben eines Kellers gebrauchten, nachher nicht sofort weggenommenen Gerüstbreter sich an der nicht anliegenden Seite später versteinert zeigten[1]. Ueberhaupt sind die Pflanzen ungleich weniger als die Thiere an ein bestimmtes Klima gebunden, insofern sie im abgestorbenen Zustande wegen ihrer härtern Fasern länger ausdauern, um an entfernte Orte transportirt zu werden, und auſserdem zeigen in neuerer Zeit verschüttete Hölzer, wie leicht diese, von Erdpech durchdrungen oder nur gegen die Einwirkung der äuſsern Luft geschützt, lange Zeit ausdauern, ohne eine Zerstörung zu erleiden.

Eine unglaubliche Menge fossiler Ueberreste aus dem Pflanzenreiche findet sich in den mächtigen Lagern von Steinkohlen und Braunkohlen, wenn anders nach überwiegenden Gründen angenommen wird, daſs auch die Steinkohlen vegetabilischen Ursprungs sind, was um so weniger zu bezweifeln

1 Lichtenberg's Magaz. Th. I. S. 213. Vorzüglich Brongniart sur la Classification et la Distribution des Végétaux fossiles. In *Mém. de l'Inst.* T. VIII. p. 203. 297. Vergl. Martius in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIII. p. 47. N. XXIV. p. 270.

ist, je häufiger sich Uebergänge von bituminösem Holze in Braunkohlen und Steinkohlen zeigen, welche beide letztere Arten nur wenig verschieden und höchst wahrscheinlich in einander übergegangen sind. Dieses beweist der Umstand, daſs man noch wohl erhaltene Bäume in wirklichen Steinkohlenlagern, wie unter andern noch neuerdings in England in 1100 F. Tiefe, gefunden hat[1]. Ueber den Ursprung der Braunkohlen aber aus verschütteten, vermuthlich auch durch mehr oder minder starke Hitze umgewandelten Pflanzen kann kein Zweifel obwalten, denn wenn auch einige von wirklichen Steinkohlen nicht zu unterscheiden sind, so zeigen dagegen andere genau die Textur des Holzes und der Pflanzen, aus denen sie gebildet wurden, mit so kenntlichen Gestalten, daſs man sogar die Arten und Species zu unterscheiden vermag[2].

Um aus der groſsen Menge der sonstigen fossilen Ueberreste einer frühern Pflanzenwelt mindestens einige Beispiele anzuführen, mögen die kenntlichen Abdrücke dienen, die sich im Schieferthon und Thoneisenstein, im Oeninger Stinkschieſer, im Sandstein bei Edinburg und an andern Orten, in der Grauwacke bei Clausthal und sonst verschiedentlich finden. Zu Monrepos bei Lausanne fand man in einem gespaltenen Felsen ein wohlerhaltenes Blatt einer niedrigen Palme ohne Stacheln, derjenigen ähnlich, welche im südlichen Italien und in Spanien wächst[3]. Interessant sind vorzugsweise auch die groſsen versteinerten Bäume, die sich z. B. im Kiffhäuser in Niedersachsen, in Ostindien und selbst in Africa[4], kurz in allen Gegenden der Erde finden. Man hat deren bis 60 F. lang und 7 F. dick gefunden, bald liegend, bald aufrecht stehend oder in geneigter Lage, ja selbst mit einem oder bei-

1 Nach öffentlichen Blättern.

2 Es ist hier nicht der geeignete Ort, in die weitläuftigen und schwierigen Untersuchungen über den Ursprung der verschiedenen fossilen brennbaren Körper und die Umwandlung der einen in die andern, namentlich durch Einwirkung von Hitze und Druck, einzugehn, vielmehr genügt es zu bemerken, daſs auf jeden Fall der bei weitem gröſste Theil seine Entstehung verschütteten Vegetabilien verdankt.

3 G. LXVII. 105.

4 V. Leonhard's Taschenbuch 1818.

Digitized by Google

den Enden aus dem ſie einſchlieſsenden Felſen hervorragend. In Lehm und Kies eingeſchloſſen, neben Mammut- und andern Thierknochen, werden ſie in der Richtung der Flüſſe in ganz Ruſsland gefunden[1]. In den Bleiminen von Durham wurden foſſile Bäume ausgegraben, einer 22 Z. dick und von unbeſtimmbarer Länge; ein zweiter lag 4 Fuſs davon, und ſo bis zum 5ten, welcher 3 F. im Durchmeſſer hatte[2]. Völlig umgewandelt, aber dennoch aus der Form hinlänglich kennbar, ſind die *Frankenberger Kornähren*, der Staarſtein, der Holzopal u. ſ. w. Sehr merkwürdig endlich ſind die in England gefundenen Baumreſte, die zum Theil in Stein, zum Theil in Kohle umgewandelt wurden.

Betrachtet man die Petrefacten im Allgemeinen, ſo giebt es kaum irgend ein Land, wo deren nicht gefunden werden. Africa iſt im Ganzen noch zu unbekannt, als daſs man über daſſelbe zu urtheilen vermöchte, indeſs fand Lichtenstein[3] auch dort auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung verſteinerte Fiſche, und ſogar von Neuholland, welches noch ſo wenig bekannt iſt, ſandte Pentland[4] eine Sammlung foſſiler Knochen an Cuvier. In Aſien und America findet man Verſteinerungen in Menge, am meiſten aber in Europa, wo man ſie vorzugsweiſe geſucht hat, und ſie reichen ſelbſt bis zum höchſten Norden, den beeiſten Küſten Grönlands und Sibiriens. Inzwiſchen finden ſich nicht alle Arten von Verſteinerungen an allen Orten vereint oder ohne Ordnung durch einander liegend, vielmehr zeigt ſich ein gewiſſes Verhältniſs zwiſchen dem Alter der untergegangenen Thiere und dem Alter der ihre Reſte einſchlieſsenden Felsarten, inſofern die älteſten Gebirgsformationen auch die roheſten und danach anſcheinend älteſten Thierarten einſchlieſsen, die Skelette von Säugethieren dagegen ſich bloſs in der äuſserſten Kruſte der Erde finden. An einigen Orten ſind die Verſteinerungen, namentlich der Seethiere, in wahrhaft ungeheurer Menge aufgehäuft, wie unter andern bei Göttingen und in dem Gebirgszuge, welcher ſich vom Harze bis

1 Konnizin in Amer. Journ. of Sc. and Arts T. VI. p. 398. Nöggerath über aufrecht in Gebirgsgeſtein eingeſchloſſene foſſile Baumſtämme. Bonn 1819 u. 21. 2 Hefte.

2 Pattinson in Philos. Mag. and Ann. T. VII. p. 185.

3 Deſſen Reiſen. Th. I. S. 151.

4 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXVII. p. 120.

Digitized by Google

an die Weser auf 15 Meilen Länge und von verhältniſsmäſsiger Breite hinzieht. In der Schweiz ist der ganze Pilatusberg bis oben hin mit Petrefacten angefüllt, und ebenso ist es am Aetna, in den Apenninen und den Pyrenäen, überhaupt in den mächtigen Lagern des Muschelkalkes und Gryphitenkalkes. Man rechnet die Masse der in Touraine vorhandenen Versteinerungen auf 1266 Millionen Kubiktoisen und der Inhalt eines einzigen Lagers daselbst beträgt nach Reaumur 130 Millionen Kubiktoisen. Breislak[1] schätzt die Menge der in Deutschland vorhandenen fossilen Elephanten auf 200, der Rhinocerosse auf 30. In America fand v. Humboldt eine unermeſsliche Menge Petrefacten, mächtige Lager, wie am Hainberge unweit Göttingen, bei Jena u. s. w. Insbesondere sind die Petrefacten der Seegeschöpfe sehr gut erhalten und liegen oft in so regelmäſsiger Ordnung, daſs man sie für allmälig in einem flüssigen Medium niedergesunken ansehn kann, ganz verschieden von den neuern Formationen aus See- und Landmuscheln, die v. Humboldt in America durch das bewegte Meer nicht höher als 30 bis 40 Toisen und nicht weiter als 5 bis 6 Meilen von der Küste aufgehäuft fand, wodurch Lamark's Hypothese widerlegt wird, daſs nämlich das Meer sich allmälig zurückgezogen und seine Bewohner auf den trocknen Stellen zurückgelassen habe[2].

Vorzüglich haben die unglaublichen Höhen, bis zu welchen die Petrefacten reichen, die Aufmerksamkeit der Naturforscher rege gemacht. In Savoyen fand de Luc noch Ammonshörner in 7844 Fuſs, am Aetna reichen sie bis 2400 F., auf dem Mont-Perdu bis 10000 Fuſs, auf dem Jungfrauhorn bis 12000 Fuſs[3], die versteinerten Fische vom Cap lagen in 5000 Höhe, die Knochen des Mastodon reichen bis 8900 F. und versteinerte Muscheln fand Ulloa bis 13352 F., v. Humboldt in Südamerica bis 13200 Fuſs, bei Dabah im Himalaya-Gebirge aber sind Knochen von Pferden und Hirschen in 16000 engl. F. Höhe über der Meeresfläche gefun-

---

1 Institut. Geolog. T. II. p. 344.

2 Nach der neuern geologischen Hypothese sollen bekanntlich die Berge von innen herauf gehoben worden seyn, und hiernach werden viele früher ganz unbegreifliche Umstände leicht erklärlich.

3 Breislak Instit. Geol. T. II. p. 391.

Digitized by Google

den[1]. Es wird dieses noch auffallender durch den Gegensatz der Tiefe, bis zu welcher man gleichfalls Reste der Vorwelt antrifft. Ein Pflanzenabdruck der Blumenbach'schen Sammlung wurde 160 Lachter tief in der Grube Dorothea gefunden, Donati fand Versteinerungen auf dem Grunde des adriatischen Meeres, das fossile Caoutchouc wurde zu Chastletown 450 F. tief unter der Oberfläche der Erde gefunden, und in Cumberland sollen 2000 Fuſs tief unter der Meeresfläche Abdrücke von Pflanzen ausgegraben worden seyn[2]. Um zu begreifen, wie sehr diese Thatsachen bei ihrer Entdeckung auffallen muſsten, darf man nur berücksichtigen, daſs nach den früher sehr allgemein herrschenden Ansichten die paradiesisch ausgestattete Erde durch eine allgemeine Sündfluth ihre Bewohner verloren haben sollte, deren Reste man in den Petrefacten wiederzufinden glaubte, und hiernach muſste das Wasser so hoch über die Berge gegangen seyn, als sich Petrefacten finden, was sich gleich schwer erklären lieſs, man mochte den Ursprung dieser Wassermasse oder die Orte, wohin sie sich wieder zurückgezogen habe, nachzuweisen versuchen. Nimmt man dagegen an, daſs die Berge von innen herauf durch vulcanische Kräfte gehoben worden sind, so fällt diese Schwierigkeit weg, doch bleiben noch andere, die schwerer zu beseitigen sind, weil ihre Erklärung die Annahme eines andern Zustandes der Erdkruste, als der gegenwärtige ist, fordert.

Auffallend ist zunächst die Gröſse mancher Thiere, deren Reste versteinert gefunden werden. Bei den Seethieren ist dieses weniger der Fall, als bei Landthieren, da das Meer noch jetzt riesenhafte Geschöpfe in Menge nährt; doch bleiben die Ammonshörner von der Gröſse eines Wagenrades bei ihrer Vergleichung mit den ähnlichen sehr kleinen, noch jetzt lebenden Exemplaren immer merkwürdig. Unter den Landthieren übertreffen die Knochen und hauptsächlich die Zähne des *Mastodon* und *des Mammut* meistens die der gröſsten jetzt lebenden Elephanten, deren Zähne auſserdem von ungleich geringerer Gröſse sind. Ein bei Canstadt gefundener Mammutzahn soll 6 Centner gewogen haben, während der gröſste eines jetzigen von Ceilon nur 175 Pfund wiegt; nach der Gröſse

1 Buckland Reliqu. diluv. Lond. 1826. p. 223.

2 v. Leonhard u. s. w. Propädeutik der Mineralogie. S. 193.

Digitized by Google

jenes Zahnes aber wird das Gewicht des Kopfes auf 18 Centner geschätzt[1]. Ein bei Verona gefundener Zahn, welchem unten zwei Fuſs fehlen, hat dessenungeachtet jetzt noch 30 Zoll im Umfange[2]. Ein Geweihe des Riesen-Elen wiegt gegen zwei Centner und die Endspitzen stehn 14 Fuſs von einander, ein bei Oſleben gefundenes Horn des Urstiers wiegt 6 Pfund, ein anderes wiegt 8 Pfund 3 Loth und ist 2 F. 3,5 Z. lang, und solcher Beispiele giebt es viele, woraus man schlieſsen muſs, daſs die schaffende und ernährende Kraft der Erde in jener Urzeit ungleich stärker war, als jetzt[3]. Sowohl dieser Umstand, als auch verschiedene andere Gründe setzen es auſser Zweifel, daſs die Temperatur der Erdkruste und ihrer Oberfläche früher ungleich höher war, als sie gegenwärtig ist, wenn anders nach überwiegenden Gründen die jetzt versteinert gefundenen Thier- und Pflanzenreste Bewohnern derjenigen Gegenden angehörten, wo wir sie in neuerer Zeit gefunden haben. Vorzüglich fand man unerklärlich, wie das Mammut an die nördlichen Küsten Sibiriens kommen und so schnell im Eise begraben werden konnte, daſs selbst die weicheren Theile desselben unzerstört blieben, um so mehr, als man Grund zu haben glaubte, dasselbe, wie Elephant und Rhinoceros, für ein tropisches Thier zu halten. Von der letzteren Idee kam man zurück durch die Betrachtung, daſs das Thier mit seinen dicken, wolligen Haaren auch einem kälteren Klima zugehört haben könne, aber wie diese Thiere so zahlreich Jahrhunderte hindurch im Eise erhalten werden konnten, bleibt noch räthselhaft. Zur Lösung dieser Aufgabe nahm man zu verschiedenen Hypothesen seine Zuflucht, z. B. daſs sie sich bei plötzlich einbrechendem Winter nach Norden hin verlaufen haben oder durch mächtige Fluthen der in das Polarmeer mündenden groſsen Flüsse Sibiriens hergeschwemmt worden seyn könnten; Viele blieben bei den Wirkungen einer einma-

---

1 G. LVII. 310.

2 Breislak Instit. Geol. T. II. p. 340.

3 Beispielsweise möge hier die Nachricht erwähnt werden, daſs man bei Blaquemine Ueberreste eines groſsen, vielleicht antediluvianischen Thieres ausgegraben habe, dessen ganze Länge aus einem Knochen auf 250 engl. Fuſs geschätzt wurde, wenn anders das Thier zu den Balänen gehörte, wie man vermuthete. S. Froriep Notizen. 1826. S. 20.

Digitized by Google

ligen groſsen Meeresfluth von Süden oder Südwesten her stehn, worauf noch verschiedene andere Erscheinungen hindeuten sollen[1], statt daſs G. Bischof[2] sinnreich eine Senkung der nördlichen Küsten und ein Ueberströmen des beeisten Polarmeeres wahrscheinlich zu machen sucht. Hierüber zu entscheiden muſs jedoch der Zukunft vorbehalten bleiben, wenn noch mehrere und scharf geprüfte Erfahrungen eine nähere Bestimmung zulassen. Unter den Pflanzenabdrücken findet man selbst unter höhern Breitengraden viele tropische Gewächse, namentlich Palmen; es hat sich aber später gezeigt, daſs nicht alle hierzu gehören, allein durch genauere Bestimmungen hat namentlich Brongniart nachgewiesen, daſs die Erdkruste allmälig erkaltet seyn muſs, weil die höher gelagerten Vegetabilien, so wie einige Thierclassen, minder heiſsen Klimaten zugehören[3]. Unter die bekanntesten hierbei zu berücksichtigenden Thatsachen gehört das Auffinden fossiler Knochen von Löwen, Tigern und Hyänen unter höhern Breiten, des Gavials, welches bloſs den groſsen Flüssen unter der heiſsen Zone angehört[4], und das Ausgraben von Holzarten in den englischen Kohlenminen, die nach St. Helena und Südindien gehören[5]. Man hat an der Wolga in Wetzstein verwandeltes Holz gefunden, welches von ganz gleichen Würmern zernagt ist, als die das Pfahlwerk in Ostindien anbohren; in dem aus umgewandelten Pflanzen gebildeten Lager von *Umbra-Erde* unweit Cöln hat man Bäume von 2 Fuſs Durchmesser und 8 bis 10 Fuſs Länge gefunden, die den Palmen ähnlich sind; im Jahre 1809 aber grub man bei Bagnelot einen kenntlichen Palmbaum aus und einen gleichen bei der Abtei auf Montmartre, welcher zwischen versteinerten Muscheln und Schnecken lag[6].

Bei der Untersuchung dieses Gegenstandes darf endlich der Umstand nicht übersehn werden, daſs so verschiedenartige

1 Ueber die Unzulässigkeit dieser Hypothese äuſsert sich schon Blumenbach in G. XLV. 426.

2 Vergl. *Temperatur.* S. 576.

3 Annales des Sciences natur. T. XV. p. 225. Poggendorff's Ann. XV. 385. Vergl. oben *Temperatur.* S. 572 ff.

4 Sömmerring in Münchener Denkschr. 1817.

5 Blumenbach in Gött. gel. Anz. 1813. S. 207.

6 Journ. de Phys. T. LXI. p. 230.

Digitized by Google

Petrefacten an einem und demſelben Orte und obendrein in ſo unglaublicher Menge vereint gefunden werden. Bei Canſtadt und Thiede finden ſich Knochen vom Mammut, von Hyänen und Hirſchen zuſammen, ſo wenig zerbrochen und auf eine Weiſe gelagert, die auf ein Herbeiſchwemmen durch Waſſer ſchlieſsen läſst. Inzwiſchen zeigen ſich ſo wohl erhalten bloſs die in aufgeſchwemmter Erde gefundenen Gerippe, z. B. bei Canſtadt, Thiede, Oſterode, Burgtonna u. ſ. w., ſtatt daſs die in Höhlen vereint gefundenen Knochen ſelten unverſehrt, oft dagegen gänzlich zerſtückelt ſind. Hierauf hat vorzüglich Buckland in ſeinem mehrgenannten claſſiſchen Werke[1] nach den Erfahrungen aufmerkſam gemacht, die ſich ihm bei der Unterſuchung mehrerer Höhlen in England, namentlich der zu Kirkdale, darboten. Die dort vereint gefundenen Knochen gehören nach ihm folgenden Thierclaſſen an: 1) ſieben Carnivoren, als Hyäne, Tiger, Bär, Wolf, Fuchs, Wieſel und eine unbekannte Wolfsart; 2) vier Pachydermen, als Elephant, Rhinoceros, Hippopotamus, Pferd; 3) vier Ruminantien, als Ochſe und drei Species von Hirſch; 4) drei Nagern, als Maus, Kaninchen und Waſſerratte; 5) verſchiedenen Vögeln, als Rabe, Taube, Lerche und eine kleine Art Ente. Faſt alle Knochen, einige gröſsere ausgenommen, ſind gänzlich zerſtückt, ſo daſs man kein Skelett daraus zuſammenſetzen kann. Die gröſste Menge der Zähne gehört der Hyäne und den Ruminantien an. So beſitzt Gibson unter andern 300 Hyänenzähne, die 75 dort vereinten Individuen angehört haben müſſen. Von der groſsen Tigergattung fand man bloſs zwei groſse Hundszähne, jeden 4 Zoll lang, und einen Backenzahn, welcher jeden eines groſsen Löwen und bengaliſchen Tigers bei weitem an Gröſse übertrifft; ferner einen Schädel des *urſus ſpelaeus*, viele Zähne vom Wolf und Fuchs und andere von einem unbekannten, einem kleinen Wolfe gleichenden Raubthiere, am häufigſten aber waren dort Zähne der Waſſerratte. Auch Hörner wurden daſelbſt gefunden, unter andern eins dem Geweihe eines Hirſches ähnlich, welches an der Baſis 9,75 Zoll im Umfange hatte und daher an Gröſse dem eines groſsen Rothhirſches gleich kommt.

1 Reliquiae diluvianae, or Obſervations on the organic Remains contained in caves cet. Lond. 1823. 4. mit vielen Kupf. 2d. ed. Lond. 1826. 3d. ed. Lond. 1828. Vergl. Philoſ. Trans. 1821. P. I. p. 171.

Digitized by Google

Um diese verschiedenen Thatsachen zu erklären, hat Buckland die Hypothese aufgestellt, die Höhle sey eine in uralter Zeit vorhanden gewesene, die anhaltend von Hyänen bewohnt worden, und diese hätten dann andere Thiere zu ihrer Nahrung hineingeschleppt. Als ein Argument hierfür läſst sich anführen, daſs zugleich viele kalkhaltige Excremente, also von knochenfressenden Thieren und denen der Cap'schen Hyänen ähnlich, gefunden wurden. Die namentlich in Africa einheimischen Hyänen haben allerdings die Gewohnheit, in Höhlen zu wohnen und Thiere, selbst ausgescharrte menschliche Leichname hineinzuschleppen und zu verzehren. Nach Cuvier war die Hyäne der Urwelt um ein Drittel gröſser, als die jetzige in Abyssinien, glich aber mehr der vom Cap; die Länge der gröſsten noch lebenden beträgt 5 Fuſs 9 Zoll. In der Höhle zu Kirkdale sind aber nicht bloſs die Knochen der übrigen Thiere, sondern auch die der Hyäne zerbrochen, woraus Buckland folgert, daſs auch diese Thiere von andern ihres Geschlechts, vermuthlich erst nach dem Tode, gefressen worden seyn müſsten, was mit einer Nachricht von Browne in seiner Reise nach Dar-Fur übereinstimmt, wonach eine verwundete Hyäne von den übrigen sofort zerrissen wird. Hiernach müſsten also alle Thiere, sowohl die grasfressenden, als auch die Carnivoren und die verstorbenen Hyänen selbst von den lebenden in die Höhle geschleppt und verzehrt worden, die Höhle also eine geraume Zeit von Hyänen bewohnt gewesen seyn, deren Knochen sowohl jüngern als auch ältern Thieren dieser Art angehören und in verschiedenen auf einander folgenden Perioden mit der schlammigen Erde bedeckt worden zu seyn scheinen, in welcher sie sich jetzt gelagert befinden. Zugleich muſs jedoch bemerkt werden, daſs diese, wie so viele andere Knochen nicht eigentlich in Stein verwandelt, sondern nur calcinirt sind, wie nicht selten die aus Gräbern, und Buckland meint daher, sie könnten in manchen Fällen nicht wohl anders, als durch groſse, mehrmals wiederkehrende Fluthen, die von Osten nach Westen strömten, zusammengeführt worden seyn.

Endlich findet man auch Petrefacten von Land- und Seegeschöpfen vereint[1]. In Mailand befindet sich ein zu Piacenza gefundener Schulterknochen eines Rhinoceros, an welchem

1 Breislak Inst. Geol. T. II. p. 393.

dicht verwachsne Seemuscheln festsitzen. Nach Pallas[1] liegen in Sibirien Elephantenknochen mit Wallfiſchgerippen vereint, und ebendieses ist der Fall in den Hügeln bei Piacenza. Lapeyrouse[2] fand zwischen versteinerten Seegeschöpfen auf dem Mont-Perdu viele in Pechstein verwandelte Knochen groſser Landthiere. Auſserdem hat man folgende wohl zu berücksichtigende Umstände beobachtet. Wenn gewisse Versteinerungen in einer bestimmten Erdschicht vorkommen und in einer hiervon abweichenden nicht mehr vorhanden sind, so zeigen sie sich abermals, wenn über dieser noch eine dritte, der ersten ähnliche Schicht folgt. Ferner liegen die nämlichen Petrefacten in der ihnen eigenthümlichen Erdschicht unten am häuſigsten, nehmen nach oben hin ab und verschwinden an der Grenze gänzlich. Hieraus ergiebt sich evident, daſs die äuſserste Kruste der Erde, wo nicht überall, doch an einzelnen nicht unbedeutenden Strecken mehrmals abwechselnd vom Meere bedeckt war und wieder trocken gelegt wurde, ja die mehrfach wechselnden Erdschichten bei Paris, auf der Insel Wight und an der Südküste Englands, in denen sich bald Ueberreste von Seethieren, bald von Bewohnern süſser Gewässer ſinden, geben den Beweis, daſs jene Gegenden in verschiedenen Perioden abwechselnd vom Meere und von angesammeltem süſsem Wasser bedeckt waren. Zum Theil läſst sich dieser Umstand zwar aus der Annahme von Ueberschwemmungen erklären, die durch starkes Anschwellen der Flüsse erzeugt wurden, in manchen Fällen muſs man jedoch wohl zu abwechselnden Hebungen und Senkungen mancher Länderstrecken seine Zuflucht nehmen, deren einige sich auch in der historischen Zeit nachweisen lassen und die vermuthlich in der Urzeit, als unser Erdball seine jetzige stabile Beschaffenheit noch nicht erhalten hatte, häuſiger und in kürzeren Perioden erfolgen mochten.

M.

---

1 Mém. de Petersb. 1755.
2 Ann. des Mines. N. 37.

Versuch.

Experimentum; Expérience; *Experiment.*

Im Art. *Beobachtung* ist bereits vieles Hierhergehörende, so wie auch der Unterschied angezeigt worden, welcher im Allgemeinen zwischen *Beobachtung* und *Versuch* statt hat. Der Verf. jenes Artikels hat damit sehr zweckmäſsig die Darstellung der (durch Versuche oder Beobachtungen zu findenden) Naturgesetze auf mathematischem Wege und auch die ersten Grundzüge der „Methode der kleinsten Quadrate" verbunden. Wir wollen hier und in dem spätern Artikel *Wahrscheinlichkeitsrechnung* zu dem oben erwähnten Artikel *noch* einige in vielen Fällen nützliche und selbst nothwendige Bemerkungen nachtragen.

A. Versuch und Beobachtung.

Bemerken wir zuerst den wesentlichen Unterschied der Gegenstände, durch welche sich die sogenannte physische oder Naturwissenschaft von den exacten, z. B. von der Mathematik, unterscheidet. Die reine wissenschaftliche Geometrie *fragt* nicht, ob ein geradliniges Dreieck ein reelles, in der äuſsern Natur wirklich vorhandenes Ding ist. Allein sobald wir den *Begriff* eines solchen Dings in unserm Geiste aufnehmen, fühlen wir uns auch schon *gezwungen*, die Summe der drei Winkel desselben gleich zwei rechten Winkeln zu setzen. Wer immer diese Eigenschaft des Dreiecks leugnen wollte, müſste zugleich die Möglichkeit des Begriffs eines Dreiecks überhaupt leugnen; er müſste sich, nicht etwa mit der äuſsern Natur und ihren Erscheinungen, die hier nichts entscheiden, sondern er müſste sich mit sich selbst, mit seinen ersten Begriffen in directen Widerspruch setzen. In den Naturwissenschaften aber, z. B. in der Physik oder der Astronomie, ist dieses ganz anders. Hier spielen die Erscheinungen der Natur, wie sie sich unsern Sinnen darstellen, und die Beobachtungen derselben eine sehr wichtige Rolle, ja sie sind eigentlich die Gegenstände selbst, mit welchen es diese

Digitized by Google

Wissenschaften vorzugsweise zu thun haben. Der Zweck derselben ist die Kenntniſs der Natur, ihrer Wirkungen sowohl, als auch vorzüglich der Regeln und Gesetze, nach welchen diese Wirkungen vor sich gehn. Dazu genügt aber nicht der bloſse *Begriff*, den man sich, wie oben beim Dreiecke, auſs Gerathewohl entwirft und dann zusieht, was man etwa aus diesem Begriffe alles herausfolgern kann, wie es z. B. die griechischen Philosophen gemacht haben, die ebendeswegen auch in ihrer Physik so weit zurückgeblieben sind, sondern dazu gehört vor Allem *Erfahrung*. Diese Erfahrung aber ist zweierlei Art. Man kann erstens die Erscheinungen, wie sie sich eben in der Zeit und in dem Raume darstellen, bemerken und notiren, ohne sie selbst auf irgend eine Weise herbeirufen, modificiren oder beherrschen zu wollen, und dieser Act wird *Beobachtung* genannt. Man kann aber auch zweitens, zuweilen wenigstens, solche Erscheinungen selbst hervorrufen, die Ursachen derselben erzeugen, eigene Kräfte und Agentien in Bewegung setzen und dieselben willkürlich oder absichtlich combiniren, um gewisse Erscheinungen hervorzubringen, die man näher untersuchen will, und dieser Act wird *Versuch* oder *Experiment* genannt. Der Physiker, der Chemiker macht meistens Experimente, um zu dem gewünschten Resultate zu kommen, der Astronom aber, von dem die Gegenstände seiner Untersuchungen zu weit entfernt und ganz auſser seinem Bereiche liegen, muſs sich mit Beobachtungen begnügen. Doch sind beide Verfahrungsarten einander oft sehr ähnlich, und zuweilen gehn sie sogar gänzlich in einander über, so daſs der Unterschied zwischen ihnen aufgehoben oder doch unmerklich wird. Es würde daher besser seyn, statt dieser beiden Worte *Experiment* und *Beobachtung* die Ausdrücke *active* und *passive Erfahrung* zu nehmen. Doch ist es angemessener, auch hier, wie in so vielen andern Dingen, den einmal eingeführten Sprachgebrauch beizubehalten.

Es ist merkwürdig, daſs in allen denjenigen Naturwissenschaften, denen die eigentlichen Beobachtungen zu Grunde liegen, die Fortschritte nur langsam, unsicher und unregelmäſsig gewesen sind, während die eigentlichen Experimentalwissenschaften, einmal erweckt und gehörig geleitet, ihrer Vervollkommnung alle sehr schnell entgegeneilen. Die Astronomie hat Jahrtausende gebraucht, bis sie die gegenwärtige Höhe

Digitized by Google

ihrer Ausbildung erreichte. Die Lehre von der Natur und den Ursachen der Vulcane, der Erdbeben, der Meteorsteine, der Erscheinung neuer und der Verschwindung alter Sterne am Himmel, endlich unsere ganze Witterungslehre, so viel Zeit und Mühe man auch in allen Ländern darauf verwendet hat, alle diese Gegenstände sind in unsern Tagen um wenig oder nichts besser bekannt, als in den ältesten Zeiten. Dieselbe Astronomie aber, die seit Hipparch bis zu Kepler, durch beinahe siebenzehn Jahrhunderte, nicht viel mehr als still gestanden hatte, fing plötzlich an, raschen Schrittes vorwärts zu eilen, von dem Augenblicke an, wo sie in Newton's Hand gleichsam ein Zweig der Mechanik, d. h. einer wesentlich experimentalen Wissenschaft geworden ist. Die Mineralogie war bis zur Mitte des 18ten Jahrhunderts durchaus nicht als eine eigentliche Wissenschaft betrachtet worden; die Beschreibungen, die uns Theophrast und Plinius hinterlassen haben, genügen in den meisten Fällen nicht einmal, die Gegenstände, von denen sie sprechen, wieder zu erkennen. Von dem Augenblicke an aber, wo man die Chemie auf die Mineralien anzuwenden begann, und wo Bergmann die glückliche Idee aufgefaſst hatte, sie in bestimmten Richtungen zu spalten und dadurch die primitive Form ihrer Elemente zu erkennen, ging die Mineralogie von einer bloſsen Namenliste zu einer methodischen Darstellung ihres Gegenstandes, von einem bloſsen Aggregat zu einem Systeme, zu einer eigentlichen Wissenschaft über.

B. Vorsicht und Entfernung der Vorurtheile.

Da nun die *Erfahrung* als die eigentliche Basis aller Naturwissenschaften anerkannt ist, so muſs uns daran gelegen seyn, dieselbe so gut und zweckmäſsig als möglich zu machen. Der gröſste Theil dieser Vorbereitung hängt glücklicherweise von uns selbst ab. Er besteht in der völligen Entfernung und Reinigung des Geistes von allen vorgefaſsten Meinungen und Ansichten, in dem festen Entschlusse, mit dem directen Resultate des Experiments zu stehn oder zu fallen, und überdieſs in der umsichtigen und streng logischen Ableitung alles dessen, was wir aus diesen Resultaten zu folgern

Digitized by Google

haben. Die Feinde, mit denen wir hier zu kämpfen haben, sind die *Vorurtheile*, die uns auch sonst wohl oft genug im Leben entgegenstehn. Diese Vorurtheile können in zwei wesentlich von einander verschiedene Classen getheilt werden, insofern sie nämlich erstens aus unsern Meinungen und zweitens aus unsern Sinnen entspringen.

Die *Vorurtheile der Meinungen* erhalten wir entweder durch unsere eigenen oberflächlichen Ansichten der Gegenstände, oder durch Mittheilung von Andern, deren Autorität wir zu sehr vertrauen, oder endlich vom Herkommen und von Volksmeinungen, die Jahrtausende durch von einer Nation zur andern wandern und dadurch endlich so tiefe Wurzeln in uns schlagen, daſs selbst ein leiser Zweifel daran schon unnatürlich, oft sogar strafbar erscheint. Hierher gehört z. B. die Meinung, daſs die Erde der gröſste Körper des Weltalls sey; daſs alle andere Himmelskörper nur ihretwegen da seyen; daſs diese Erde im Mittelpunct des Universums unbeweglich stehe; daſs das Feuer seiner Natur nach aufwärts steige; daſs das Mondlicht kalt sey; daſs der Thau aus der Luft herab falle u. dgl. m. Das einzige Mittel gegen solche Vorurtheile liegt in den Beobachtungen selbst und in ihrer richtigen Beurtheilung. Unglücklicherweise scheint es in der menschlichen Constitution zu liegen, an allen den Dingen, die wir von früher Jugend an als wahr zu erkennen gelehrt worden sind, an die so viele Andere glauben und über die jene zwei mächtigen Potenzen, Autorität und Gewohnheit, einmal ihren Stab geschwungen haben, fest, oft bis zur Hartnäckigkeit, bis zum Fanatismus *pigris radicibus* fest zu halten. Da aber wohl nur Wenige gelebt haben, die von diesen Fehlern ganz frei gewesen sind, so wollen wir mit dem alten Dichter diejenigen für die Optimaten halten, *qui minimis urgentur.* Gewiſs ist nur, daſs derjenige, der noch ganz in den Fesseln dieser Knechtschaft liegt und weder Wunsch noch Streben zur innern Freiheit in sich fühlt, für die Wissenschaft, so wie für sich selbst, als ein verlorner Mann zu betrachten ist.

Die zweite Classe, die *Vorurtheile unserer Sinne*, sind in ihrem Anfange gewöhnlich noch heftiger und eindringender, als die ersten, aber sie sind nicht so dauernd und hartnäckig. Unseren eigenen Sinnen nicht zu trauen ist aller-

Digitized by Google

dings eine beinahe unmögliche Anforderung an uns selbst. Aber dieses wird auch nicht gefordert, sondern nur, daſs wir gegen die Urtheile, die wir aus diesen sinnlichen Eindrücken ableiten, auf unserer Hut seyn sollen. Wenn z. B. ein Sinn gegen den andern Zeugniſs giebt, oder wenn sogar derselbe Sinn sich selbst widerstreitet, dann wird man doch annehmen können und müssen, daſs irgendwo ein Irrthum liege. So ist, um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, nichts natürlicher, für den ersten Anblick wenigstens, als die Farbe aller Körper für ein Ding zu halten, das diesen Körpern ganz ebenso eigenthümlich zukommt, wie Härte, Gewicht u. dgl. Daſs dieses aber ein Vorurtheil sey, davon kann man sich durch sein eigenes Auge überzeugen, wenn man in einem verſinsterten Zimmer das von einem Glasprisma gebrochene Licht der Sonne z. B. auf ein gelbgefärbtes Papier fallen läſst. Das Papier wird roth erscheinen, wenn es in den rothen, und grün, wenn es in den grünen Strahlen liegt u. s. w., während die gelbe Farbe dieses Papiers, die wir früher für die eigentliche Farbe desselben gehalten haben, in jenem Roth oder Grün bis auf seine letzte Spur verschwunden ist. So erscheint uns allen, um ein zweites Beispiel von einer solchen Sinnentäuschung anzuführen, der Mond bei seinem Auf- oder Untergange viel gröſser, als wenn er hoch am Himmel steht. Daſs dieses aber eine bloſse Täuschung sey, die in unserm Sinne oder vielmehr in unserm Urtheil über diesen Sinn gelegen ist, folgt sofort daraus, wenn wir den Durchmesser des Mondes in jenen beiden Lagen mit einem Instrumente wirklich messen, wo derselbe dann im Horizonte stets am kleinsten gefunden wird, wie er es auch in der That seyn muſs, weil er da am meisten von uns entfernt ist. Hier hat man zwei einander diametral entgegengesetzte Augenzeugnisse, aber dem einen derselben ist das Instrument zu Hülfe gekommen. Da wir übrigens hier nicht von den eigentlichen Krankheiten der Sinne, z. B. von der Doppelsicht u. dgl., sondern nur von den kranken oder unrichtigen Urtheilen sprechen, die wir so häufig aus jenen Sinneseindrücken ableiten, so versteht es sich von selbst, daſs das einzige Mittel gegen diese zweite Art von Vorurtheilen bloſs in der Berichtigung dieses unseres Urtheils, also in unserer Vorsicht und Aufmerksamkeit zu finden seyn wird.

Da unser Geist nicht selbst in dem Gegenstande liegt, den

Digitized by Google

wir eben betrachten, und da er auch in keine unmittelbare Relation mit ihm gebracht werden kann, so haben wir es nur mit den Signalen zu thun, die von jenen Gegenständen unserem Geiste zugeführt werden. Die wundervolle Art, wie diese Zuführung geschieht, ist für uns ein Geheimniſs, so wie die Weise, wie wir diese äuſsern Eindrücke in unserm Innern verarbeiten und mit den ihnen correspondirenden Eigenschaften und Affectionen jener Gegenstände selbst in Verbindung bringen. Die Seele spielt dabei, wenn wir dieses Gleichniſs wagen können, die Rolle jenes Mannes, der an dem Gestade seiner Insel in einer Hütte sitzt und die Signale aufzeichnet, die ihm von einem fernen Wartthurm aus der hohen See gegeben werden. Obschon er die wahre Bedeutung dieser Zeichen nicht kennt, so wird er doch, wenn er z. B. auf eines derselben stets ein Schiff nach einiger Zeit an seinem Ufer ankommen sieht, dieses Zeichen mit diesem Schiffe in Verbindung bringen, so wenig Aehnliches auch dieses Zeichen mit dem Telegraphen, der es ihm schickt, oder mit dem Auge, das es sieht, oder endlich mit dem Schiffe haben mag, dessen Ankunft durch jenes Zeichen verkündet werden soll. Dieses erinnert uns an die Erzählung des Capitains Head, dem, als er in den Pampas (groſsen Ebenen) von Peru reiste, der ihn begleitende eingeborne Führer, in die Höhe sehend, plötzlich zurief: *Ein Löwe!* Ueberrascht von diesem Ausruf begleitete er den aufgehobenen Arm des Wilden, sah auch in die Höhe und bemerkte endlich nicht ohne Mühe einen Condor, der in den Lüften immerwährend einen kleinen Kreis beschrieb. Unter diesem Kreise auf der Erde fand er nachher den Cadaver eines Pferdes, von dem ein Löwe gierig zehrte, dem der Condor mit neidischen Augen von seiner luftigen Höhe zusah. Das Signal des Vogels war für den Wilden, was für einen gewöhnlichen Wanderer der Anblick des Löwen selbst gewesen wäre, und in seinem raschen Ausrufe warf er, wie wir auch alle Tage thun, Zeichen und Gegenstand zusammen.

C. Analyse der Versuche oder der Beobachtungen.

Wenn wir nun die Eindrücke, welche die äuſsern Gegen-

Digitized by Google

stände auf unsere Sinne machen, untersuchen wollen, so gehn wir dabei, durch eine andere merkwürdige Einrichtung unsers geistigen Organismus, gewöhnlich auf die Jagd nach den *Ursachen* derselben aus, weswegen bekanntlich der Mensch öfter scherzweise das Ursachenthier genannt wird. Gewöhnlich müssen wir uns bei diesem Geschäfte mit der *nächsten* Ursache begnügen und von dieser wieder die nächstfolgende Ursache unseren oft sehr späten Nachkommen überlassen. Die Endursachen aller Dinge aber haben sich die Metaphysiker vorbehalten, die wir um dieses Geschäft zu beneiden keine Ursache haben. In diesem Aufsuchen der Ursache einer Erscheinung und ihres Zusammenhangs mit andern, vorhergehenden und verwandten Erscheinungen besteht gröſstentheils das, was man die Analyse der Beobachtungen zu nennen pflegt.

Am glücklichsten geht dieses Geschäft von statten, wenn man dasselbe auf demselben sinnlichen Wege, auf welchem die Beobachtung erhalten worden ist, fortführen, wenn man die in Rede stehende Erscheinung z. B. wieder auf eine Bewegung oder auf eine andere durch unsere Sinne wahrnehmbare Affection zurückbringen kann. Dieses ist uns z. B. in der *Akustik* gelungen. Der unmittelbare Eindruck, den der Ton auf unser Gehörorgan hervorbringt, hat nichts gemein mit irgend einer Bewegung, und doch sind schon die ältesten Griechen darauf gekommen, den Ton, den z. B. eine Saite giebt, mit den Bewegungen ihrer Theile in Verbindung zu bringen, welche Bewegungen sich der die Saite umgebenden Luft mittheilen und endlich von da sich bis zu unsern Ohren fortpflanzen[1]. Aber wie wenige solcher Fälle können wir in den

1 Nicomachus aus Gerasa erzählt in seinen *arithmetischen Abhandlungen*, daſs Pythagoras auf einem Spaziergange, in Gedanken über die Ursache der Harmonie der Töne versunken, an der Hütte eines Schmiedes vorbei kam und verwundert hörte, wie die Töne der Hämmer, die abwechselnd den Amboſs trafen, in einem gewissen musikalischen Verhältnisse zu einander standen. Indem er die Sache näher untersuchte, fand er, daſs die Intervalle zwischen diesen Tönen die Quarte, Quinte und Octave seyen. Er wog die drei gebrauchten Hämmer und fand, daſs der eine, der die Octave gab, halb so schwer war, als der schwerste, während der mit der Quinte zwei Drittel und der mit der Quarte drei Viertel von jenem wog. Zu Hause angekommen dachte er weiter über die Sache nach und

Digitized by Google

andern Theilen der Geſchichte unſerer Naturwiſſenſchaften angeben. Was wiſſen wir z. B. von der Art, wie für unſern Gaumen das, was wir ſüſs, bitter u. dgl. nennen, erzeugt wird? Wenn wir uns vorſchnellen Urtheilen hingeben wollten, ſo könnten wir dieſe Empfindungen unſers Geſchmacks unter die letzten, dieſen Körpern urſprünglich zukommenden Eigenheiten zu zählen veranlaſst werden. Allein dieſes würde nur unſere Unwiſſenheit von den Veränderungen

---

fand endlich, daſs, wenn er gleichlange Metallſaiten mit Gewichten ſpannte, welche daſſelbe Verhältniſs 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ wie jene Hämmer hatten, dieſe Saiten dieſelben drei muſikaliſchen Accorde hervorbringen. Auf dieſe Weiſe ſoll Pythagoras ein beſtimmtes Maſs für die verſchiedenen Töne erhalten und die Muſik zu einem Gegenſtande arithmetiſcher Speculation erhoben haben. Dieſe Erzählung des Nicomachus, der am Ende des erſten Jahrhunderts unſerer Zeitrechnung lebte, iſt ohne Zweifel etwas ungenau, da jene drei Accorde keineswegs durch Hämmer von den bezeichneten Gewichten hervorgebracht werden. Das Experiment mit den Saiten aber iſt vollkommen richtig und bildet auch heutzutage noch die Baſis aller mathematiſchen Theorie der Muſik.

Wenn man aus dieſer Nachricht den Schluſs ziehn darf, daſs dieſe ſchöne und wichtige Entdeckung bloſs dem Zufalle zu verdanken iſt, ſo muſs doch wohl dabei bemerkt werden, daſs Pythagoras ſchon früher im Beſitz von Ideen geweſen ſeyn muſs, durch welche dieſer glückliche Zufall erſt möglich geworden iſt. Er muſste bereits einen beſtimmten und genauen Begriff von den Relationen der Töne beſitzen, die wir jetzt durch Octave, Quinte und Quarte bezeichnen. Wäre er dieſe Relationen ſcharf aufzufaſſen nicht früher ſchon befähigt geweſen, ſo würden jene Hammerſchläge ſein Ohr ganz ebenſo ohne allen Erfolg, wie die Ohren jenes Schmiedes berührt haben. Er muſste ſelbst ſchon vorher Bekanntſchaft mit Zahlenverhältniſſen überhaupt gemacht haben, und vor Allem, was wohl ſein gröſster Vortheil vor dem Schmiede war, muſste er einen gewiſſen innern Drang in ſich fühlen, zwei ſcheinbar ſo verſchiedene Dinge, wie Zahlen und Töne ſind, in innige Verbindung mit einander zu bringen. Nur nachdem einmal dieſe Verbindung zweier ſo heterogener Elemente in ſeinem Geiſte vorausgegangen war, wurde es ihm möglich und auch wahrſcheinlich nicht mehr ſchwer, ein Experiment auszuſinnen, wodurch ſeine Ideen vollkommene Beſtätigung erhalten ſollten. Dieſe Experimente mit geſpannten Saiten machten dann die Philoſophen aus der pythagoräiſchen Schule, beſonders Lasus von Hermione und Hippasus von Metapontum, indem ſie bald die Länge der Saiten, bald die ſie ſpannenden Gewichte änderten. Man ſ. Montucla Hist. des Mathém. III. 10.

Digitized by Google

verrathen, welche unsere Geschmacksorgane von jenen Körpern erfahren, wenn sie mit ihnen in Berührung kommen. Eine Auflösung des Salzes, welches die Chemiker Schwefelsilber nennen, mit einem andern Sodasalze verbunden, haben beide zusammen auf die Zunge gebracht eine intensive Süſsigkeit, während jedes einzelne sehr widerlich bitter schmeckt. Ein anderes Sodasalz schmeckt anfangs sehr süſs, wird aber allmälig, wenn es länger auf der Zunge liegt, bitter und endlich so herb bitter, wie Quassia.

Wie schwer es ist, aus den Erscheinungen der Natur auf die Veränderungen zu schlieſsen, die dabei in dem Inneren der Körper vorgehn, mögen wir schon daraus entnehmen, daſs wir nicht einmal wissen, was in uns selbst vorgeht, so oft wir eines unserer eigenen Glieder in Bewegung setzen wollen. Wir sind uns einer innern Kraft bewuſst, durch die wir unsere Arme und Beine und mittelst derselben auch andere fremde Körper in Bewegung setzen können. Aber wir können durchaus nicht sagen, wie dieses zugeht. Selbst dann, wenn diese unsere innere Anstrengung keine äuſsere, sichtbare Wirkung hervorbringt, wenn wir z. B. bloſs unsere eigenen Hände gleich stark gegen einander drücken, fühlen wir durch die Beschwerde, durch die Erschöpfung, die in uns entsteht, daſs etwas in uns vorgeht, von dem die Seele das Agens und der Wille die ausführende Ursache ist. Wenn wir von unserer Geburt an in einen finstern Kerker gesperrt und alle unsere Glieder mit Fesseln belegt gewesen wären, so würde die eben erwähnte innere Anstrengung uns doch den Begriff von Kraft verschaffen. Aber von da in Freiheit gesetzt würde uns nur die Erfahrung auch die Wirkung dieser Anstrengung, die Bewegung, kennen lehren, indem wir nämlich die Erfahrung machten, daſs dieselbe innere Anstrengung, die uns ermüdet und endlich unsere Kraft, ohne dadurch irgend eine Bewegung hervorzubringen, auch erschöpft, uns in den Stand setzt, im freien Zustande nicht nur uns selbst, sondern auch die Körper auſser uns in Bewegung zu setzen. Wenn wir eines der Glieder unseres Körpers in Bewegung setzen, so scheint uns der Sitz der bewegenden Ursache in diesem Gliede selbst zu seyn, während sie doch gewiſs nicht darin, sondern in dem Gehirn oder dem Rückenmarke liegt. Denn wenn ein Nerve, der jenes Glied mit dem Gehirn oder dem Rücken-

Digitized by Google

marke verbindet, zerſchnitten wird, ſo werden wir uns vergebens anſtrengen, jenes Glied in Bewegung zu ſetzen, und unſer feſteſter Wille wird ohne Erfolg bleiben. Schon aus dieſem einzigen von uns ſelbſt genommenen Beiſpiele wird es ſehr wahrſcheinlich, daſs bei allen Erſcheinungen in der Natur das Auffinden der erſten Urſachen (die man auch wohl zuweilen *Endurſachen* nennt) nicht unſere Sache iſt. Wir müſſen uns begnügen, dieſe Erſcheinungen auf ſogenannte *Geſetze* zurückzuführen, auf allgemeinere Erſcheinungen, unter welche wir jene beſondern ſubſumiren und die wir einſtweilen als die nächſten Urſachen dieſer Erſcheinungen betrachten mögen. Mit dieſer Beſchränkung bleibt aber unſerer geiſtigen Thätigkeit immer noch ein ſehr groſses Feld zu bearbeiten übrig. Man bedenke nur, wie viele Erſcheinungen der Natur wir bereits aus dem einzigen Geſetze des verkehrten Quadrats der Entfernung abgeleitet haben! Worin aber dieſes Geſetz eigentlich beſteht, von welchem andern höhern Geſetze es weiter abhängt, was überhaupt Anziehung, Materie, Kraft u. dgl. an ſich ſelbſt ſeyn mag, dieſes zu unterſuchen überläſst die Naturwiſſenſchaft der Metaphyſik mit dem Wunſche, daſs dieſe letztere bald mehr finden möge, als ſie ſeit der Zeit der Griechen bis auf unſere Tage in der That gefunden hat.

Um noch ein anderes Beiſpiel von der Analyſe der Erſcheinungen oder von der Zurückführung derſelben auf ihre nächſten Urſachen zu geben, ſo gelangen wir bei der Analyſe des *Tons* auf eine Anzahl von Phänomenen, die wir alle auf zwei Urſachen zurückführen, auf die *Bewegung* (des tönenden Körpers, der Luft und ſelbſt des Gehörorgans) und auf die geiſtige *Perception* der durch dieſe Bewegung hervorgebrachten, in uns ſelbſt vorgehenden Aenderungen. Ueber dieſe beiden nächſten Urſachen hinaus aber können wir nicht gehn, daher wir denn auch die Bewegung und die ſinnliche Wahrnehmung dieſer Bewegung einſtweilen als die zwei einfachſten Urſachen des Tons und aller ſeiner Erſcheinungen anzunehmen gezwungen ſind. Auf ähnliche Weiſe gelangen wir bei der Analyſe anderer Phänomene häufig auf den Begriff der *Cohäſion* und der *Elaſticität* der Materie, aber einmal hier angekommen müſſen wir auch ebenda ſtehn bleiben, weshalb wir einſtweilen wieder dieſe zwei Eigenſchaften der Materie als Endurſachen der Erſcheinungen betrachten, ohne aber

zu wiſsen, ob dieselben nicht vielleicht in noch höhern Gesetzen enthalten sind, die wir aber nicht kennen und wahrscheinlich auch nie kennen werden.

Von dem Daseyn einer *Kraft* haben wir, wie oben erwähnt, durch die Anstrengung unserer eigenen Gliedmaſsen gegen einander bereits den Beweis oder, wenn man lieber will, das Bewuſstseyn erhalten. Mag es immerhin befremdend erscheinen, daſs auch die todte Masse eine solche Wirkung hervorbringen soll, die wir an unserm Körper nur als den geistigen Ausfluſs des Willens erkennen, so können wir uns doch nicht gegen den directen Einfluſs unserer Sinne auflehnen, wenn wir z. B. die Erfahrung machen, daſs eine Stahlfeder, durch unsere Hand gebogen, ganz auf dieselbe Weise auf uns zurückwirkt, als wenn wir selbst unsere eigenen Hände gegen einander gedrückt hätten. Welches die eigentliche Ursache dieser unserer eigenen oder jener auſser uns vorgehenden *Bewegung* seyn mag, die wir einstweilen durch das Wort *Kraft* bezeichnen, ist uns unbekannt, und noch viel geheimniſsvoller für uns scheint jene innere Bewegung zu seyn, durch welche wir die Wirkungen der äuſsern Bewegung zu unserm Bewuſstseyn, zu unserer Perception bringen. Auch scheinen uns alle Mittel, dahin zu gelangen, gänzlich zu fehlen, da wir nicht im Stande sind, durch irgend einen von unserm freien Willen abhängenden Act eine solche Perception hervorzubringen und unser eigenes Innere zu beobachten. Wir haben alle von der Natur ein Instrument erhalten, durch welches wir die Dinge auſser uns, die Dinge auſser diesem Instrumente zu beobachten pflegen, aber dieses Instrument selbst zu beobachten, dazu fehlt uns jedes Mittel, so lange wir nicht voraussetzen wollen, daſs die Brille, durch die wir alle Dinge auſser uns sehn, auch diese Brille selbst noch sehn soll. Zwar können wir durch Hülfe des Gedächtnisses und der Einbildungskraft gewisse Eindrücke von solchen Perceptionen in unserm Innern erzeugen, die zuweilen selbst sehr lebhaft sind. In unsern Träumen z. B. oder in gewissen krankhaften Zuständen unserer Nerven erhalten wir solche innere Perceptionen oder Sensationen, denen kein äuſserer, entsprechender Gegenstand zu Grunde liegt. Allein wie uns die *Kraft*, als Ursache der Bewegung, deswegen vorzüglich ein Geheimniſs ist, weil wir selbst, durch unser Inneres, diese Kraft ausüben, so muſs uns

Digitized by Google

auch jene andere Ursache der Perception ein Geheimniſs bleiben, weil wir sie durch unsern freien Willen nur auf eine meistens sehr unvollkommene Weise hervorbringen können und weil wir in den wenigen Fällen, wo wir sie klar und lebhaft erzeugen, immer in einem Zustande (des Traums oder der Krankheit) sind, wo alles Nachdenken und selbst alles eigentliche Beobachten gelähmt und aufgehoben ist.

Aus allem Vorhergehenden folgt also, daſs wir uns bei unsern Untersuchungen der Natur, d. h. bei unsern *Versuchen* und *Beobachtungen*, mit der Analyse dieser äuſsern Erscheinungen zu begnügen und bloſs zu suchen haben, ob sich aus diesen Erscheinungen irgend ein sogenanntes *Gesetz* ableiten läſst, unter welchem mehrere derselben, je mehr desto besser, enthalten sind. So zusammengesetzt und verwickelt diese Erscheinungen auch meistens zu seyn pflegen, so lassen sie sich doch oft, wie wir bereits aus Erfahrung wissen, auf andere einfachere, auf sogenannte Elementarerscheinungen zurückführen, und durch diese letzten werden eigentlich jene Gesetze constituirt. Da wir aber bei jeder Masse von Phänomenen, wie sie sich unsern Sinnen aufdringen, die ihnen zu Grunde liegenden Elementarphänomene nicht *a priori* angeben können, so müssen wir bei allen unsern Versuchen ganz ebenso verfahren, wie der Chemiker bei seinen sogenannten Analysen, der jeden Körper, den er auf seine Capelle bringt, so lange auflöst und in seine Bestandtheile zerlegt, bis er zu solchen Theilen gelangt, die er nicht weiter auflösen kann und die er daher *Elemente* zu nennen pflegt. Oft ist diese Analyse, dieses Aufsuchen der elementaren Erscheinung, die jener zusammengesetzten zu Grunde liegt, mit groſsen Schwierigkeiten verbunden, selbst in solchen Fällen, wo das Daseyn derselben uns nicht mehr zweifelhaft ist, ja wo wir auf einen gewissen Zusammenhang mit andern, dem Anscheine nach oft ganz heterogenen Erscheinungen gleichsam von der Natur selbst hingedrängt werden. Um auch davon ein merkwürdiges Beispiel zu geben, so bemerkte man schon vor mehreren Jahren, daſs der Magnetismus, der für uns so lange in tiefes Geheimniſs gehüllt blieb, viel mit der Elektricität gemein habe. Allein erst durch Oersted's Versuche sind diese beiden, einander bisher fremden Hauptagentien der Natur einander näher gerückt, und die Zeit ist vielleicht nicht mehr

fern, wo man beide nur als den Ausfluſs einer und derselben höhern Quelle betrachten wird. Fälle solcher Art sind für die Wissenschaft stets von der gröſsten Wichtigkeit. Sie fordern uns gleichsam mit Gewalt zu weitern Untersuchungen auf, und wie bei der Annäherung der lange gesuchten Auflösung eines Räthsels zeigen sie uns, an welcher Stelle das gewünschte Licht verborgen ist und gefunden werden kann, sobald wir nur noch den letzten Schleier lichten, der es bedeckt. Sobald man bei seinen Versuchen auf eine solche Elementarerscheinung gekommen ist, muſs die nähere Untersuchung derselben mit der gröſsten Sorgfalt vorgenommen werden, besonders wenn dieselbe auch bei mehrern andern zusammengesetzten Erscheinungen sichtbar wird. Dieses Hervortreten eines Gemeinsamen zwischen scheinbar oft sehr verschiedenen Dingen ist von der gröſsten Wichtigkeit bei allen Versuchen, und dadurch vorzüglich, wenn nicht dadurch allein, wird der Weg zu allen Entdeckungen in den Naturwissenschaften gebahnt. Dadurch wächst nicht nur jede einzelne Wissenschaft, sondern auch die Verbindung und Abhängigkeit mehrerer Wissenschaften unter einander. Auf diesem Wege hatte man kurz vor der eben erwähnten Entdeckung des Elektromagnetismus durch Oersted mehrere allgemeine Aehnlichkeiten zwischen dem Magnet und der Elektricität aufgefunden und so die groſse Entdeckung selbst vorbereitet und gleichsam erst möglich gemacht. Auf demselben Wege führte auch die zuerst nur geahnete Analogie zwischen Licht und Schall zur Erweiterung und zugleich zu einer engern Verbindung der Optik mit der Akustik, und schon jetzt zweifelt kein Physiker mehr, daſs beide Wissenschaften aus einer gemeinsamen Quelle, aus der vibratorischen Bewegung eines elastischen Mediums, entspringen. Auf demselben Wege endlich wird wahrscheinlich auch die Familienähnlichkeit, die zwischen mehrern bisher als elementar betrachteten Körpern herrscht (wie zwischen Nickel und Kobalt, zwischen Chlor, Iod und Brom), uns dereinst noch zu Relationen dieser Körper führen, die das Innere derselben betreffen, von dem wir bis jetzt noch keine Ahnung haben.

Digitized by Google

D. Reduction der Versuche auf die Gesetze der Bewegung.

Dem Scharfſinne der griechischen Philosophen, die sich so gern mit den Erscheinungen der Natur, auf ihre Weise übrigens, beschäftigten, war diese Analyse der Beobachtungen, dieses Auffinden des Aehnlichen im Mannigfaltigen, des Gemeinsamen im Verschiedenen, gewiſs nicht unbekannt, wie wir aus ihren Schriften sehn, aber eines der vorzüglichsten Mittel dieser Reductionen war ihnen unbekannt, und deshalb steht ihre Naturkenntniſs so ungemein weit hinter der der Neuern zurück. Fast alle Phänomene der Natur führen in letzter Instanz, so weit wir nämlich sie verfolgen können, auf *Bewegung* zurück. Aus dieser Ursache steht die Dynamik oder die Lehre von den Kräften und ihren Bewegungen heutzutage an der Spitze aller Naturwissenschaften. Diese Lehre aber war den Alten ganz unbekannt, da sie erst mit Galilei gegen das Ende des 17ten Jahrhunderts in Aufnahme kam. Seit dieser Zeit ist aber die Dynamik auf rein mathematischem Wege so ausgebildet worden, daſs sie für die schwersten, den Alten ganz unzugänglichen Untersuchungen geeignet ist und in ihren Resultaten ganz derselben Sicherheit, wie die Mathematik selbst, sich erfreut. Ihre ersten Grundsätze sind einfach und im höchsten Grade bestimmt, und sie stehn zugleich in der innigsten Verbindung mit den geometrischen Gröſsen des Raumes und der Zeit, so daſs sie und alle ihre Operationen sich ebenso gut und leicht den mathematischen Methoden, als den Erscheinungen der Natur selbst anpassen lassen. Durch bloſse mathematische Schlüsse kann man die dynamischen Untersuchungen beinahe so weit, als man nur immer will, ausdehnen, so zwar, daſs die eigentlichen Grenzen der Dynamik zugleich die unserer mathematischen Analysis sind, was von keiner anderen Wissenschaft gesagt werden kann. Auch ist die Zeit für uns bereits gekommen, wo die gesammte Physik in allen ihren Theilen eine rein mathematische oder, was hier dasselbe ist, eine rein dynamische Unterlage fordert und wo solche physikalische Schriften, die sich von der Sprache der mathematischen Formeln fern halten wollen, höchstens nur noch für den elementaren Unterricht oder für den gröſsern Haufen der Leser zugelassen werden.

Digitized by Google

Man sehe nur, wie weit alle jene Theile der Naturwissenschaften, die bisher noch diese mathematisch-dynamische Folie entbehren muſsten, wie die Botanik, Geologie, Meteorologie und gröſstentheils auch selbst die Chemie, hinter denjenigen zurückstehn, die, wie die Astronomie, die Optik, die Akustik u. a., auf diesem festen Grunde ihr Gebäude in kurzer Zeit zu einer Höhe und Vollkommenheit gebracht haben, welche die Alten für unmöglich halten muſsten und die wir selbst nur mit Bewunderung betrachten können.

Die griechischen Naturphilosophen machten keine Beobachtungen oder Versuche, und vorzüglich aus dieser Ursache blieben sie so weit hinter den neuern zurück. An Scharfsinn und Subtilität des Geistes hatten sie Ueberfluſs; sie besaſsen eine besondere Kraft im Raisonniren über abstracte und bloſs intellectuelle Gegenstände, aber sie beachteten die äuſsere Natur beinahe gar nicht, und waren schon zufrieden, künstliche Systeme auf bloſs imaginären Hypothesen erbaut zu haben. Sie hatten z. B. als Princip angenommen, daſs der Kreis die vollkommenste aller geometrischen Figuren sey, und aus diesem Princip zogen sie den Schluſs, daſs alle Planeten sich in Kreisen bewegen müſsten. Als die gemeinsten Beobachtungen der Planeten ihnen das Gegentheil zeigten, so hielten sie deswegen ihren Ausspruch nicht für widerlegt, sondern sie suchten ihn vielmehr durch ein künstliches Gerüste von vielen in einander greifenden Kreisen, von excentrischen und epicyklischen Kreisen zu retten und auf diese Weise sich immer tiefer in den Irrthum hineinzustudiren. Ihr Hauptfehler war, daſs sie dieselbe Methode, die sie in der Mathematik und in der Philosophie so gut gefunden hatten, ohne Weiteres auch auf die Naturwissenschaften anwenden wollten. Auch hier gingen sie nämlich immer von Principien aus, die sie sich selbst geschaffen hatten und dann willkürlich so weit entwickelten und fortspannen, als sie eben konnten. Alle ihre Bemühungen waren dahin gerichtet, ein solches allgemeines Princip zu finden, aus dem sich die ganze Natur mit allen ihren Erscheinungen erklären lassen sollte. Der eine nahm als Urelement und Ursprung des Weltalls das Feuer an, der andere die Luft, ein dritter das Unendliche (τὸ ἄπειρον), ein vierter, mit den scholastischen Philosophen des Mittelalters zu reden, die Entität und Nihilität (τὸ ὂν καὶ τὸ μὴ ὂν) u. s. w.

Digitized by Google

Galilei war der Erste, der durch die That und mit Nachdruck dieses beinahe zweitausendjährige Verfahren entfernte und ein besseres an dessen Stelle setzte. Er widerlegte die Dogmen, die Aristoteles für die Bewegung aufgestellt hatte, durch directe Appellation an die Sinne, durch unmittelbare Versuche von der schlagendsten Art und die, was vorzüglich wichtig war, zugleich der Rechnung unterworfen werden konnten. Bacon v. Verulam setzte dieses neue Verfahren erst in sein ganzes vortheilhaftes Licht, indem er die *Induction* als den wahren und einzigen Weg zur Erkenntniſs der Natur bezeichnete. Zwar war dieses inductive Verfahren bisher nicht ganz unbekannt gewesen; aber er war es, der zuerst und mit unwiderstehlicher Kraft die hohe Wichtigkeit der Induction vertheidigte, die er das Alpha und Omega aller Wissenschaft und die groſse Kette nannte, welche die Erscheinungen der Natur mit unserer Kenntniſs von derselben und von ihren Ursachen verbindet. Wer ihnen diesen Ruhm streitig machen wollte, könnte auch dem Jenner oder Howard ihre Bürgerkrone vom Haupte nehmen, weil vor jenen schon mancher Pachter die Kuhpocken gesehn oder mancher Philanthrop einen Gefangenen in seinem Kerker besucht haben mag. Die Natur bietet uns zwei Gegenstände zu unserer Betrachtung an: *Körper* und ihre gegenseitigen *Wirkungen*. Woraus diese Körper bestehn, wissen wir nicht, da wir ihre Existenz nur durch das Medium ihrer Eindrücke auf unsere Sinne erkennen. Unsere Beobachtungen und Versuche sind daher bloſs auf jene Wirkungen beschränkt, wie uns diese durch dieselben Sinne erscheinen. Diese Wirkungen müssen aber eine gewisse Regelmäſsigkeit haben, wenn sie Gegenstände einer wahrhaft wissenschaftlichen Beobachtung werden sollen. So lange die Sonnen- und Mondfinsternisse bloſs für zufällige Erscheinungen gehalten wurden, konnten sie wohl Gegenstände des Aberglaubens, aber nicht der Wissenschaft werden. Diese Regelmäſsigkeit, sie mag nun in der Sache selbst oder in ihren äuſseren Verhältnissen des Raumes und der Zeit bestehn, diesen regelmäſsigen Zusammenhang der Erscheinungen mit andern Dingen aufzusuchen ist daher das Erste, was wir thun müssen, wenn wir die Natur durch Beobachtungen oder Versuche kennen lernen, wenn wir ihre Gesetze finden, wenn wir Entdeckungen machen wollen.

Digitized by Google

E. Zurückführung der Versuche auf Maſs und Zahl.

Nebst diesem Bemerken der Nebenumstände jeder Erscheinung, aus denen allein mit der Zeit ein sogenanntes Naturgesetz hervorgehn kann, muſs man aber auch dieselben so bald und so genau als möglich auf *Maſs und Zahl* zurückzuführen suchen, d. h. man muſs die Erscheinung zu einem Gegenstande der *Rechnung* machen. Nur wo man messen, wägen, zählen und rechnen kann, ist Hoffnung auf Erkenntniſs, und alles vage Hin- und Herreden mit den Worten der gewöhnlichen Sprache führt auf Miſsverständniſs, auf Unklarheit, auf Abwege. Rechnung ist die Seele der Naturwissenschaften und sie ist, wenn nicht das einzige, doch gewiſs das beste Kriterium der Wahrheit. Warum geht unsere Metaphysik nicht vorwärts? Weil man in ihr nicht messen und wägen, also auch nicht rechnen kann. Selbst wenn diese Rechnungen auf einer irrigen Voraussetzung beruhn, so sind sie doch das einzige Mittel, zu bessern Voraussetzungen zu gelangen. Die Literärgeschichte giebt uns zahlreiche Fälle, wo wir nur durch den Irrthum zur Wahrheit gelangt sind. Die oben erwähnten planetarischen Epicykel waren ein solcher Irrthum, aber ohne ihn würden wir gar kein Mittel gehabt haben, die höchst verwirrten geocentrischen Bewegungen der Planeten zu übersehn und wenigstens einigermaſsen in Ordnung zu bringen. Erst jetzt war es möglich, Formeln für diese Bewegungen aufzustellen und nach diesen Formeln Tafeln zu construiren, eine wissenschaftliche Theorie der Planeten aufzustellen und diese, eben durch Hülfe derselben Tafeln, entweder allmälig zu verbessern, oder auch als ganz unverbesserlich, als völlig ungegründet zu erkennen. Vor der Aufstellung dieser epicyklischen Theorie war die Planetenwelt für uns ein Chaos, das gar keiner wissenschaftlichen Betrachtung fähig seyn konnte. Alle Naturgesetze haben ein eigenthümliches quantitatives Gepräge und schon ihr Ausdruck weist auf Rechnung hin. Das Gesetz der allgemeinen Schwere z.B., das gröſste und schönste, welches der menschliche Geist entdeckt hat, spricht nicht bloſs in allgemeinen, unbestimmten Worten von der gegenseitigen Anziehung der Materie; es begnügt sich nicht damit zu sagen, daſs diese Anziehung zwi-

Digitized by Google

schen zwei Körpern abnimmt, wenn die gegenseitige Entfernung dieser Körper wächst, und umgekehrt, sondern es giebt das durch Zahlen bestimmte Verhältniſs dieser Anziehung, so daſs, wenn dasselbe für irgend eine Distanz bekannt ist, es auch für alle anderen gegeben wird. Dasselbe bemerkt man auch in den Gesetzen der Krystallographie, wo die Gestalten, welche die dem Innern der Körper inhärirende Kraft erzeugt, auf genaue, geometrische Figuren mit bestimmten Seiten und Winkeln zurückgeführt werden.

F. Wichtigkeit der Instrumente.

Dieses *Messen* und die darauf gegründete Rechnung muſs also auch schon bei unsern Beobachtungen und Versuchen in seine Rechte eingesetzt werden, und so lange sich z. B. die Astronomie nur mit der bloſsen Betrachtung des Himmels, des Auf- und Untergehns der Sterne, der längern und kürzern Tage des Jahres u. s. w. beschäftigte, war an eine eigentlich wissenschaftliche Gestalt derselben nicht zu denken. Dieses Messen kann nur durch Hülfe unserer Sinne geschehn, aber sie allein geben nur selten oder nie ein ganz genaues oder sicheres Resultat. Wer die Differenz der Distanzen zweier Gegenstände bloſs nach dem Augenmaſse oder wer den Unterschied in dem Gewichte zweier Körper bloſs dadurch bestimmen wollte, daſs er beide auf seiner Hand balancirt, würde über diese Dinge nie klar werden, und die besten Schlüsse, auf solchen Grund gebaut, werden entweder zu keinen oder doch meistens nur zu schlechten und unzuverlässigen Resultaten führen. Zu diesem Zwecke müssen also *Instrumente* angewendet werden, durch die wir unsere Sinne schärfen, wie z. B. das Auge durch das Mikroskop für nahe und durch das Fernrohr für weit entfernte Gegenstände geschärft wird, so daſs wir nun auch Gegenstände deutlich sehn können, die wir, ohne diese Hülfe, entweder gar nicht oder doch nur sehr undeutlich wahrgenommen hätten. So lange die Astronomen das Fernrohr entbehren muſsten, blieb ihre Wissenschaft in der Kindheit. Es ist unbegreiflich, wie ein sonst so helldenkender, praktisch gescheuter Mann, wie Hevel in Danzig, sich dieser Ueberzeugung entziehn und das Fernrohr als ein unbrauchbares, trügerisches Instrument verwerfen konnte, nach-

Digitized by Google

dem doch Galilei schon den hohen Werth desselben für die Astronomie gezeigt hatte. Die Folge von diesem Irrthum war, daſs alle die zahlreichen Beobachtungen jenes sonst sehr guten und äuſserst thätigen Beobachters für die Wissenschaft ohne Nutzen geblieben sind, und daſs die Astronomie deshalb nicht weniger weit fortgeschritten seyn würde, wenn jener Brand der Danziger Sternwarte nicht bloſs den zweiten Band seiner Machina coelestis, sondern wenn er auch alle seine mit so viel Zeit, Mühe und Kosten aufgesammelten Beobachtungen zerstört hätte. Aber auch dieses reicht noch nicht hin, daſs wir bloſs besser sehn, daſs wir mit unsern bewaffneten Augen auch sehr kleine Dinge oder sehr kleine Differenzen in der Gröſse dieser Dinge *sehn*, wir müssen diese Differenzen auch *messen* können. So lange man dieses Letzte z. B. mit dem Fernrohre am Himmel nicht konnte, war der Nutzen dieses bewunderungswürdigen Instruments allerdings noch immer sehr beschränkt. Gleich nach seiner Erfindung um das Jahr 1610 hat Galilei mit demselben die Thäler und Berge des Mondes, die vier Satelliten Jupiters, die sonderbare Gestalt Saturns, die Sonnenflecken, die Lichtphasen der Venus und die gedrängte Fülle der Fixsterne in der Milchstraſse entdeckt. Er hat dadurch ohne Zweifel unsere Kenntniſs des Himmels sehr bereichert, indem er uns ganz neue Theile desselben eröffnete und uns mit Gegenständen bekannt machte, von deren Daseyn wir früher keine Ahnung haben konnten. Aber über die Gröſse, über die Dimensionen, über die wahren Lagen der Himmelskörper gegen unseren Horizont oder gegen irgend eine andere Fundamentalebene des Himmels (den Aequator, den Meridian, die Ekliptik u. s. w.) konnten uns diese Entdekkungen keine oder nur wenig mehr Aufklärung geben, als wir ohne Hülfe des Fernrohrs schon lange zuvor besaſsen. Er hatte uns bloſs mehrere bisher unbekannte Gegenstände des gestirnten Himmels vor das Auge geführt, aber unsere *Messungen* der Gröſse und Lage derselben, diese wahre Basis aller eigentlichen Astronomie, blieben noch immer nahe denselben Unvollkommenheiten unterworfen, über welche die alten Griechen und Araber bis zu Tycho Brahe hinauf sich so sehr zu beklagen hatten. Man brauchte allerdings das Fernrohr sehr bald nach dessen Erfindung nicht bloſs zum *Sehn*, sondern man suchte es auch zum eigentlichen *Messen* zu verwenden,

Digitized by Google

indem man dasselbe an die damals gewöhnlichen messenden Instrumente, an die Quadranten und Sextanten, anzubringen sich bemühte. Man hatte dadurch den Vortheil erreicht, daſs man nun die zu beobachtenden Gestirne viel besser sehn, also auch im Allgemeinen besser beobachten konnte; allein man muſste sie eben in dem Mittelpuncte des Feldes dieser Fernröhre beobachten, und da dieser Mittelpunct durch nichts ausgezeichnet war, sondern gleichsam nur errathen oder geschätzt werden muſste, so waren auch hier Miſsgriffe und selbst bedeutende Fehler nicht wohl zu vermeiden, und so viel auch die bloſs beobachtende Astronomie durch die Entdeckung dieses wunderbaren Instruments gewonnen hatte, die *messende* und *rechnende* Wissenschaft konnte dadurch nur sehr wenig gefördert werden. Noch vor wenig Jahren war man beinahe allgemein der Meinung, daſs Picard in Frankreich um das Jahr 1667 diesem Mangel abgeholfen und dadurch eine neue, glänzende Epoche in der Geschichte der Astronomie constituirt habe. Allein diese Ehre gebührt einem Andern, Gascoigne in England, der, wie man aus seinen Briefen an seine Freunde Crabtree und Horrockes sieht, schon in dem Jahre 1640 in dem Brennpuncte seines Fernrohrs feine Spinnenfäden ausgespannt und auch schon, um diese Fäden bei Nacht sichtbar zu machen, das Innere des Fernrohrs durch eine Lampe beleuchtet hat. Diese einfache Vorrichtung ist es, die in Verbindung mit dem Fernrohr unseren Beobachtungen so groſse Vortheile vor denen der Alten verschafft und der gesammten beobachtenden Astronomie eine ganz neue Gestalt gegeben hat. Gascoigne, dem wir diese wichtige, obschon scheinbar leichte Entdeckung verdanken, würde uns wahrscheinlich noch viel gelehrt haben, da er mit einem seltenen theoretischen und praktischen Talente versehn war, wenn ihn nicht der Tod schon in der Blüthe seines Alters den Wissenschaften entrissen hätte. Er starb in seinem 23sten Jahre in der Schlacht von Marston-Moore, die Cromwell den königlichen Truppen geliefert hatte.

Seit dieser Zeit erst waren die praktischen Astronomen in den Stand gesetzt, die Höhen, die Rectascensionen und Declinationen der Gestirne mit Schärfe zu beobachten, d. h. einer eigentlichen *Messung* zu unterwerfen, und seit dieser Zeit erst haben wir einsehn gelernt, wie Alles, in der Astronomie

Digitized by Google

sowohl, wie überhaupt in allen Naturwiſſenſchaften, nur darauf ankommt, genaue Meſsungen der Gegenſtände zu erhalten, die wir unſern Verſuchen und Beobachtungen unterwerfen, dieſe Gegenſtände mögen nun dem Raume, der Zeit, dem Winkel, dem Gewichte oder der Geſchwindigkeit angehören. Alle unſere Bemühungen ſeit jener Epoche ſind nur auf dieſes Ziel gerichtet geweſen, wie unſere ſeitdem erfolgten Verbeſſerungen der aſtronomiſchen Quadranten und Kreiſe, der Uhren und Waagen und der Fernröhre ſelbſt bezeugen.

G. Reduction der Beobachtungen auf Geſetze.

Allein Beobachtungen und nichts als Beobachtungen reichen *noch* nicht hin, eine Wiſſenſchaft oder auch nur einen *kleinen* Theil derſelben zu conſtituiren. Sie ſind, wären ſie auch die beſten ihrer Art, nur einzelnen Steinen zu vergleichen, die auch in einer noch ſo groſsen Menge auf einen Haufen geworfen noch kein *Gebäude* bilden. Um ein ſolches zu erhalten, müſſen jene iſolirten Steine in Verbindung gebracht und nach einem beſtimmten Plane gehörig zuſammengefügt werden. Zu dieſem Zwecke müſſen die Steine behauen, alſo verändert werden, damit ſie, wenn ſie ſie nicht ſchon zufällig haben, die gehörige Form erhalten, um an einander zu paſſen, und hier endet unſer Gleichniſs oder vielmehr es muſs ſelbſt, wenn es noch weiter fortgeführt werden ſoll, gleich jenen Steinen eine Modification, eine angemeſſene Abänderung erhalten. Die Beobachtungen dürfen nämlich nicht gleich dieſen Steinen ſo lange gedreht und verändert werden, bis ſie an einander paſſen, vielmehr müſſen ſie, und dieſes iſt vielleicht die wichtigſte Regel, die man dem Beobachter geben kann, *bleiben, wie ſie ſind,* ſelbſt wenn ſie mit andern Beobachtungen und mit unſern eignen Anſichten, Erwartungen und vorgefaſsten Hypotheſen im geraden Widerſpruche ſind. Da ſie aber deſſenungeachtet vereinigt, da ſie einander coordinirt oder ſubordinirt werden müſſen, wenn anders ein Zuſammenhang zwiſchen ihnen und ein wiſſenſchaftliches Ganze aus ihnen entſtehn ſoll, ſo müſſen ſie, da ſie nun einmal nicht geändert werden dürfen, unter einander nach ihren Verſchiedenheiten verglichen, die zuſammengehörenden, wenn es

Digitized by Google

deren giebt, ausgewählt und endlich, wenn es möglich ist, unter einen ihnen gemeinschaftlichen, höhern Gesichtspunct gebracht oder, wie man zu sagen pflegt, auf ein *Gesetz* zurückgeführt werden. Diese Gesetze sind aber noch nicht die eigentlichen Ursachen der Erscheinungen, welche jenen Beobachtungen zum Grunde liegen. Diese Ursachen gehören einer höhern Facultät des menschlichen Geistes an, wie sie denn auch in der Geschichte jeder einzelnen Wissenschaft viel später auftreten, wenn die Gesetze derselben oft schon längst bekannt sind. Diese Gesetze sind gleichsam nur allgemeine Ausdrücke, durch welche mehrere unter einander offenbar zusammengehörende Erscheinungen dargestellt und unter einen einzigen, sie alle umfassenden Gesichtspunct gebracht werden. Ein einfaches Beispiel wird dieses deutlicher machen.

Schon die alten griechischen Astronomen haben bemerkt, daſs die tägliche Bewegung der Sonne nicht constant ist, sondern daſs sie sich im Winter schneller als im Sommer bewegt. Da auch sie, wie Lichtenberg unser ganzes Geschlecht nennt, zu den Ursachenthieren gehörten, so suchten sie sofort die Ursache, den eigentlichen letzten Grund dieser Erscheinung, und sie wollten ihn auch in der Bewegung der Sonne in einem Epicykel oder, was dasselbe ist, in einem sogenannten excentrischen Kreise gefunden haben. Da dieses aber falsch war und da sie dessenungeachtet auf diesem falschen Wege immer weiter gingen und dieselbe Idee ihrer Epicykel auch auf den Mond und auf alle Planeten fortführten, so studirten sie sich endlich in ihren Irrthum so tief hinein, daſs sie sich nicht mehr herausfinden konnten. Ihre Nachfolger, die Alexandriner, die Araber und später die Europäer, bis zu Copernicus und Kepler hinauf, konnten sich von diesem Irrthume, der sich in allen Köpfen festgesetzt und der am Ende sogar eine Art von geheiligtem Ansehn gewonnen hatte, das anzutasten oder zu bezweifeln gefährlich war, nicht mehr losmachen, und die Folge davon war, daſs die Astronomie stationär blieb und auch so lange bleiben muſste, als man den falschen Weg beibehielt, der nicht zum Ziele führen konnte. Hätten sich die Griechen, statt nach Art ihrer Philosophen sich gleich bis zu den letzten Gründen aller Dinge zu versteigen, begnügt, die täglichen Geschwindigkeiten der Sonne oder des Mondes, ehe sie die Ursache derselben ange-

Digitized by Google

ben konnten, mit Fleiſs und Genauigkeit zu beobachten und die so erhaltenen Geschwindigkeiten unter einander zu vergleichen, und hätten sie dasselbe auch mit den täglichen Veränderungen des scheinbaren Halbmessers dieser Gestirne, die besonders beim Monde sehr leicht bemerkt werden konnten, gethan, so würden sie, da es ihnen gewiſs nicht an Scharfsinn und Combinationsvermögen gebrach, die Gründer der wahren Astronomie geworden seyn und dadurch die Ehre und den Ruhm, welcher jetzt Copernicus und Kepler umstrahlt, zweitausend Jahre früher für sich selbst erworben haben. Sie würden gefunden haben, daſs die täglichen Aenderungen der Geschwindigkeiten dieser Gestirne sich wie der Cosinus und daſs ebenso die täglichen Aenderungen ihrer Entfernungen von der Erde sich wie die Sinus ihrer sogenannten mittleren Anomalieen verhalten, und wenn sie einmal bis dahin gekommen wären, würde es ihnen auch nicht mehr schwer geworden seyn, daraus den Schluſs zu ziehn, daſs diese Gestirne in Ellipsen sich bewegen, in deren einem Brennpuncte die Erde ist, worin bekanntlich die eine und die wichtigste der drei groſsen Entdeckungen Kepler's besteht. Um dieses in unserer heutigen analytischen Sprache auszudrücken, wollen wir durch m und ν die mittlere und wahre Anomalie und durch r und e die halbe groſse Axe und die Excentricität der Bahnen dieser Gestirne bezeichnen; dann hat man für das Verhältniſs der wahren täglichen Geschwindigkeit $\partial\nu$ zu ihrer mittleren ∂m den Ausdruck

$$\frac{\partial \nu}{\partial m} = 1 + 2e \operatorname{Cos.} m$$

und ebenso für das Verhältniſs der wahren täglichen Aenderung der Entfernung derselben von der Erde

$$\frac{\partial r}{\partial m} = - e \operatorname{Sin.} m$$

und diese beiden Gleichungen drücken das *Gesetz* der Bewegung dieser Gestirne aus, welches auch die Ursache dieser Bewegung, welches auch die krumme Linie seyn mag, in welcher diese Bewegung vor sich geht. Die Auffindung dieses Gesetzes gehört in die sogenannte theoretische Astronomie, die sich nur mit der Darstellung der Erscheinungen des Himmels oder, wenn man lieber will, mit der Erklärung derselben aus irgend einer allgemeinen Vorschrift, die nach den

Digitized by Google

Beobachtungen als wahr erkannt iſt, beſchäftigt, während die Auffindung der Urſache oder des wahren Grundes dieſer Erſcheinung (des allgemeinen Geſetzes der Attraction der Körper im verkehrten Quadrate der Entfernungen) in die phyſiſche Aſtronomie gehört, die ihrer Natur nach erſt nach der theoretiſchen entſtehn und ſich ausbilden kann. So lange man nur eben bemerkt hatte, daſs die tägliche Geſchwindigkeit der Sonne und des Mondes ſich ändert, hatte man für die Wiſſenſchaft noch nichts gewonnen, ſelbſt wenn dieſe täglichen Aenderungen bis auf die kleinſten Theile einer Secunde bekannt geweſen wären. Als man aber anfing zu bemerken, daſs dieſe Aenderungen eine gewiſſe Regel beobachten und mit jedem Jahre periodiſch wiederkehren, da war man auf dem Wege zur Wiſſenſchaft, und als man dieſe Regel, dieſes Geſetz gefunden hatte, da war der erſte Grundſtein zur Baſis gelegt, auf dem ſich ſpäter das Gebäude der Wiſſenſchaft erheben ſollte.

Nicht immer indeſs müſſen dieſe Geſetze, wie in dem vorhergehenden Beiſpiele, durch eine mathematiſche Formel ausgedrückt ſeyn, obſchon es immer gut und gerathen iſt, ſie, wo man kann, darauf zu bringen. Die muſikaliſche Entdeckung des Pythagoras, von der wir oben geſprochen haben, führt ebenfalls unmittelbar auf ein Geſetz und zwar auf ein in der Akuſtik ſehr wichtiges Geſetz. Jeder Satz, jede Vorſchrift, jede Lehre, die eine gröſsere Anzahl von Erſcheinungen umfaſst und aus der ſich, ohne ſie ſelbſt vielleicht weiter erklären zu können, dieſe Erſcheinungen erklären laſſen, kann das Geſetz derſelben genannt werden. Der Satz von der Leitung, von der Radiation und von der Polariſation der Wärme kann ebenſo gut als Geſetz in der Thermotik angeſehn werden, als der von dem conſtanten Verhältniſs des Einfalls- und Brechungswirkels des Lichts bei der Refraction deſſelben ein Geſetz der Optik heiſst. Manche von dieſen Geſetzen beziehn ſich nur auf eine gewiſſe, oft ſelbſt beſchränkte Claſſe von Erſcheinungen, während andere ſich über viele ſolche Claſſen verbreiten und dadurch natürlich ſchätzbarer und für die Wiſſenſchaft werthvoller ſind, obſchon auch jene beſchränktern nicht verworfen werden ſollen, da man gewöhnlich nur durch ſie zu dieſen allgemeinern Geſetzen gelangen kann. Ja dieſe Geſetze können ſelbſt an ſich unrichtig und doch von groſsem Nutzen

Digitized by Google

für die Wiſsenſchaft seyn, da sie es schon oft genug gewesen sind, die uns den Weg zur Wahrheit gezeigt haben. Die erwähnte epicyklische Hypothese der griechischen Astronomen war ebenfalls ein solches Gesetz, das sich überdieſs noch in der Sprache der Mathematik ausdrücken lieſs. Dieses Gesetz war falsch, aber es war dessenungeachtet sehr wohl geeignet, die unvollkommenen Beobachtungen der Alten alle zu umfassen, so daſs es daher sogar als ein sehr allgemeines Gesetz zu seiner Zeit gelten konnte. Nachdem Hipparch, der gröſste Astronom des Alterthums, dieses Gesetz gehörig aufgefaſst hatte, wurde er durch dasselbe in den Stand gesetzt, die ersten *Sonnentafeln* zu construiren und durch diese Tafeln den Ort der Sonne am Himmel für jede vergangene und künftige Zeit zu bestimmen, so genau wenigstens, als es die unvollkommenen Beobachtungen der Alten eben bedurften, was Niemand vor *ihm* leisten konnte und was allein seine spätern Nachfolger auf die wahre Bahn zu leiten fähig war, indem sie ihre eignen bessern Beobachtungen mit denen dieser Tafeln verglichen.

II. Ueber das Auffinden dieser Gesetze.

Es entsteht nun die Frage, wie man zu der Kenntniſs dieser Gesetze gelangt? Diese Frage ist aber ganz identisch mit der, wie man Entdeckungen macht und Räthsel auflöst. Wenn sich solche Dinge auch nicht eigentlich lehren lassen, so läſst sich doch manches Angemessene darüber sagen, und das ist es, was wir nun zu thun versuchen wollen.

I. Sobald sich irgend eine Erscheinung als Gegenstand unserer Erklärung anbietet, suchen wir dieselbe auf eine von jenen *Ursachen* zu reduciren, von denen wir bereits aus vorhergehenden Erfahrungen wissen, daſs sie ähnliche Erscheinungen zu erzeugen im Stande sind. Daſs diese Ursachen vor Allem keine leeren Einbildungen oder grundlosen Hypothesen, wie ehemals die *fuga vacui* in der Physik, das Phlogiston in der Chemie u. dgl., sondern daſs sie, wie Newton sie nannte, *verae causae* seyn müssen, ist für sich klar, so wie schon aus dem Vorhergehenden erhellt, daſs hier nur von den der Erscheinung *zunächstliegenden*, nicht von den letzten oder höchsten Ursachen derselben die Rede ist. Dieses Aufsuchen

Digitized by Google

des nächsten Erklärungsgrundes wird aber im Allgemeinen desto besser vor sich gehn, je mehr solcher analoger Fälle bereits bekannt geworden sind, d. h. je mehr Kenntnisse und Erfahrungen wir bereits gemacht haben, um daran die neuen Erscheinungen anknüpfen zu können. Hierin zeigt sich vielleicht mehr, als sonst irgendwo, der groſse Vortheil eines bereits früher gesammelten Schatzes von Kenntnissen, ohne die auch der gröſste Scharfsinn nur selten oder nie zu bedeutenden Entdeckungen gelangen wird.

II. Sobald sich einmal sehr viele Analogieen für eine solche nächste Ursache zeigen, muſs man sie festhalten und für weitere Untersuchungen aufbewahren, selbst dann, wenn diese Ursache unwahrscheinlich oder ihre Ableitung aus andern höhern Versuchen jetzt noch unmöglich wäre. Als z. B. Bradley bei allen Fixsternen eine eigne Bewegung bemerkte, die mit jedem Jahre periodisch wiederkehrte, glaubte er anfangs diese Bewegung in einer jährlichen Parallaxe derselben zu finden. Allein er überzeugte sich bald, daſs dieses nicht der Grund jener Erscheinung seyn konnte. Als er den Gegenstand weiter verfolgte, bemerkte er, daſs jeder Fixstern in dem Laufe eines Jahres eine kleine Ellipse beschreibe und daſs die groſse Axe bei allen diesen Ellipsen gleich groſs, die kleine aber je nach der Lage der Sterne gegen die Ekliptik veränderlich sey. Er bestimmte die Gröſse und Lage dieser kleinen Axe und setzte sich dadurch in den Stand, den Ort jedes Fixsterns in der Peripherie seiner Ellipse für jede Zeit des Jahrs mit den Beobachtungen völlig übereinstimmend anzugeben. Hier blieb er einstweilen stehn, obschon es einem so klaren Kopfe gewiſs höchst unwahrscheinlich seyn muſste, anzunehmen, daſs jeder Fixstern in jedem Jahre eine solche Ellipse beschreibe. Die Beobachtung zeigte ihm, daſs dieses der Fall ist, und dieses genügte ihm. Das *nächste Gesetz* der Erscheinung war gefunden, und erst später zeigte es sich, daſs dieses Gesetz im Grunde eine bloſse optische Täuschung sey und daſs die ganze Erscheinung ihren höhern Grund in einem andern Gesetze, in der *Aberration des Lichts* habe. Hätte Bradley das von ihm aufgestellte Gesetz verworfen, weil es unwahrscheinlich, weil es in der That falsch war, so würden wir nie zur Entdeckung der Aberration gelangt seyn. Mit andern Worten: ein gewisses, nicht eigensinniges, aber männ-

Digitized by Google

lich-kräftiges Festhalten an dem, was sich uns einmal von vielen Seiten als Wahrheit gezeigt hat, ist eine von den Haupteigenschaften des Entdeckers. Der schwächere Kopf läſst sich von Nebensachen irre führen, während der starke auf das, was er als sein Ziel erkennt, in gerader Richtung losgeht, ohne sich um die Hindernisse zu kümmern, die sich seinem Wege entgegensetzen. Wer die nähere Geschichte der Undulationstheorie seit dem Anfange dieses Jahrhunderts kennt, wird wissen, daſs die beiden Begründer derselben, Young und Fresnel, als glänzende Beispiele dieses Festhaltens und Ausharrens angeführt werden können.

III. Gewöhnlich sind die Erscheinungen, welche wir zu erklären, d. h. unter irgend ein Gesetz zu bringen suchen, obschon sie durch eine allgemeine Analogie zu einer Classe verbunden erscheinen, doch wieder unter einander verschieden, so daſs ein minder aufmerksames Auge sie wohl nicht einmal als zu derselben Classe gehörend, sondern als einander fremde und heterogene Erscheinungen betrachten würde. Ja nur zu oft werden auch in der That die Wirkungen von zwei und mehr Ursachen in diesen Erscheinungen vermischt und dann wird häufig ein nicht minderer Scharfsinn in der Trennung des Fremdartigen, als dort in der Verbindung des nur scheinbar Heterogenen erfordert. Das oben angeführte Beispiel von Bradley gehört ganz besonders hierher, da die Bewegungen, die er von den Fixsternen durch seine ersten genauen Beobachtungen erkannt hatte, in der That aus zwei ganz verschiedenen Quellen, aus der Aberration und aus der Nutation, entstanden, deren jene eine Periode von einem Jahre und diese eine von neunzehn Jahren hatte. Daſs er diese Bewegungen von einander trennen, jede für sich besonders verfolgen und endlich auch erklären konnte, charakterisirt ihn allein schon als einen der gröſsten Astronomen, die je gelebt haben. In diesen, wie überhaupt in allen Fällen ist es von besonderer Wichtigkeit, die gesammelten Versuche oder Beobachtungen in gewisse Classen zu bringen, sie zu ordnen und wo möglich in einer tabellarischen Form aufzustellen, damit Auge und Geist sie besser zu übersehn im Stande sind. Diese Oekonomie der Arbeit, wenn man sie so nennen kann, ist in allen Dingen, vorzüglich aber bei Untersuchungen dieser Art von gröſstem Werthe. Bei den eigentlichen Beob-

Digitized by Google

achtungen, z. B. in der Astronomie, ist dieses oft schwer, da wir die Erscheinungen so nehmen müssen, wie sie uns von der Natur dargeboten werden. Anders verhält sich die Sache bei den eigentlichen *Versuchen*, z. B. in der Physik oder Chemie, wo wir die Erscheinungen unsern besondern Zwecken gemäſs selbst abändern, schon dadurch aber oft sehr deutlich classificiren und unter einander anordnen können. Als z. B. Wells die einfache Beobachtung gemacht hatte, daſs eine Glasscheibe sehr stark, eine ebenso polirte Metallscheibe aber nur sehr wenig oder gar nicht bethaut wird, so lieſs er sich sofort mehrere Scheiben von verschiedenen Materien, Metall, Glas, Stein, Holz, Elfenbein u. s. w., machen und allen nahe dieselbe Politur geben, um sie dann neben einander dem Thaue auszusetzen. Nach einigen Stunden fand er sie alle mehr oder weniger bethaut. Er *ordnete* sie demnach in eine *Tafel*, in welcher die am stärksten bethaute Platte den ersten Rang einnahm und die andern stufenweise folgten, so daſs die am wenigsten bethaute Platte die letzte Stelle der Tafel erhielt. Indem er nun diese Tafel genau betrachtete und sie mit seinen bereits früher gesammelten physikalischen Kenntnissen (nach I.) verglich, gelangte er zu dem Gesetze, *daſs die schlechtesten Wärmeleiter am stärksten bethaut werden.* Allein in dieses Gesetz wollten sich mehrere Körper mit rauhen Oberflächen, scheinbar wenigstens, nicht immer fügen. Rauhes Eisen z. B., besonders wenn es geschwärzt ist, wird früher und stärker bethaut, als gefirniſstes Papier, obschon das erstere ein viel besserer Wärmeleiter ist, als das letztere, was mit jenem Gesetze im Widerspruche zu stehn scheint. Er lieſs sich dadurch nicht irre machen (nach II.), sondern verfertigte sich nun mehrere Platten von demselben Stoffe, aber von verschiedener Politur oder Rauhigkeit ihrer Oberfläche, und nachdem er auch hier wieder seine Versuche in eine Tafel gebracht hatte, fand er das zweite Gesetz: *daſs die best-radiirenden* (d. h. die ihre eigene Wärme andern Körpern am leichtesten mittheilenden) *Körper am stärksten bethaut werden.* Auf eine ähnliche Weise untersuchte er auch die Wirkung der innern Textur der Körper auf den Thau, der festen, z. B. Stein, Metall, Holz, und der flockigen, z. B. Eiderdunen, Wolle u. dgl., wobei er die letzten zum Bethautwerden vor allen andern Körpern am besten geeignet fand, weswegen

er sie auch seinen künftigen Beobachtungen vorzugsweise zum Grunde legte. Ebenso betrachtete er die Lage der dem Thaue ausgesetzten Körper gegen die sie umgebenden, wenn sie z. B. auf ihrer obern oder untern Seite gegen den Himmel oder gegen die Erde verdeckt werden, wenn der Himmel selbst ganz rein oder von Wolken bedeckt ist u. s. w. Jeder einzelne dieser Versuche gab ihm ein Gesetz, und indem er dann alle diese Particulargesetze unter einander verband, gelangte er zu dem allgemeinen Gesetze der Bethauung, wonach die *Ursache des Thaues* darin liegt, daſs der bethaute Körper durch Wärmestrahlung mehr Wärme verliert, als ihm die ihn umgebenden Körper wieder mittheilen, wodurch er kühler wird, als die ihn zunächst umgebende Luft, welche letztere daher die in ihr enthaltenen Wasserdünste als durch die Kälte condensirte Wassertropfen auf den bethauten Körper fallen läſst.

IV. So oft eine Erscheinung mehrere bereits bekannte oder auch nur geahnete Ursachen hat, muſs man diese Ursachen entweder einzeln oder alle zugleich zu entfernen suchen und zusehn, wie sich dann die Erscheinung gestaltet, welches *Residualphänomen* dann gleichsam übrig bleibt. Dieses ist eines der vorzüglichsten Hülſsmittel, um zu der vollständigen Kenntniſs des gesuchten Gesetzes zu kommen, und oft genug schon hat dieser Weg zu den interessantesten, vorher nicht geahneten Entdeckungen geführt. Seit Newton wissen wir z. B., daſs auch die Kometen, gleich den Planeten, nach dem Gesetze der allgemeinen Schwere sich um die Sonne bewegen. Als aber Encke die hierher gehörenden Berechnungen bei dem nach ihm benannten Kometen mit der gröſsten Sorgfalt ausgeführt und auch seine Umlaufszeit für die verschiedenen Epochen seiner Erscheinungen bestimmt hatte, fand er, daſs da noch ein solches Residualphänomen übrig blieb, was sich aus jenem allgemeinen Gesetze der Schwere nicht erklären lieſs. Er fand nämlich eine mit der Zeit fortgehende Verkürzung der Umlaufszeit oder, was dasselbe ist, eine Verminderung der groſsen Axe der Bahn dieses Kometen, und dieses führte ihn auf die Annahme eines durch den ganzen Himmelsraum verbreiteten *Aethers*, der allerdings, wenn er existirt, eine solche Erscheinung zur Folge haben würde und der überdieſs aus andern bekannten Gründen nicht leicht geleugnet werden kann. Besonders wichtig und fruchtbar hat

Digitized by Google

sich diese Untersuchung der Residualphänomene bei den Versuchen und Experimenten in der Chemie gezeigt. Beispiele dafür sind so häufig, dafs es schwer wird, dem einen den Vorzug vor allen andern zu geben.

V. Eine Hauptregel bei diesen Untersuchungen ist die, den zu untersuchenden Gegenstand in solche Lagen und Verhältnisse zu bringen, dafs das, was man sucht, am deutlichsten hervortreten mufs. Nachdem Galilei gefunden hatte, dafs die von ihm untersuchten Körper in der ersten Secunde durch 15 Fufs senkrecht gegen die Erde fallen, war es ihm darum zu thun, dieses Gesetz zu einem allgemeinen, für *alle* Körper geltenden zu erheben. Er liefs demnach mehrere andere Körper von verschiedener Gröfse und ungleichem Gewichte von der Spitze eines hohen Thurms herabfallen, und da die Zeit des Falls bei allen diesen Körpern sehr nahe dieselbe war, so stand er nicht weiter an, dieses von ihm entdeckte Gesetz als ein allgemeines Gesetz der Natur aufzustellen. Darin beging er aber eigentlich zwei Fehler, von denen jedoch der eine ihn eben als einen mit dem Entdeckungstalente begabten Mann charakterisirte. Der erste Fehler war, dafs er von den wenigen, bei seinen Versuchen gebrauchten Körpern ohne Weiteres auf alle übrigen schlofs. Allein das ist eben die Art der *Induction*, die man nun einmal dem Menschen nicht nehmen darf, wenn man ihm nicht zugleich beinahe alle seine sogenannten Wahrheiten nehmen will. Der zweite Fehler war der, dafs die Zeiten des Falls jener Körper nur beinahe gleich waren, da sie doch ganz vollkommen dieselben hätten seyn müssen, wenn der Schlufs, den Galilei auf die Resultate seiner Versuche gründete, seine volle Richtigkeit haben sollte. Hier trat nun wieder der obige Fall (II.) ein, wo sich ein wackerer, seiner Sache mit Grund vertrauender Mann durch Nebensachen nicht irre führen läfst. Er schob die bemerkten Differenzen ohne Anstand auf den Widerstand der Luft, der bei den kleinern und dichtern Körpern kleiner seyn mufste, als bei den andern. Eigentlich hätte er sehr dichte und zugleich sehr lockere Körper (z. B. Gold und Kork oder Federn) zu seinen Versuchen wählen und den Widerstand der Luft für jeden dieser Körper entweder berechnen oder für alle zugleich wegschaffen sollen. Allein das Erste konnte er nicht, wie wir es denn selbst noch nicht mit der hier nöthigen Schärfe können,

Digitized by Google

und zu dem zweiten war die Luftpumpe damals noch nicht bekannt. Hätte er eine Glasröhre von nur einigen Fuſs Länge luftleer machen können, so würde er seines hohen Thurmes nicht mehr bedurft haben, um zu zeigen, daſs ohne den Widerstand der Luft ein Goldstück und eine Flaumfeder in derselben Zeit gleich tief fallen. Warum aber begnügte sich Newton, zu dessen Zeit die Luftpumpe schon wohl bekannt war, nicht mit diesem Experimente der Glasröhre? Ohne Zweifel deshalb, weil er sah, daſs man die Zeit des Falls eines Körpers durch eine nur geringe Höhe nicht mit der hier nöthigen Schärfe zu messen im Stande ist. Er schlug daher einen andern Weg ein, den besten und sichersten, den wir auch jetzt noch gehn können, wie ihn denn auch Bessel vor wenigen Jahren in der That noch gegangen ist. Wenn man diesen Fall eines Körpers durch eine nur mäſsige Höhe recht oft wiederholen kann und wenn bei diesen Versuchen mit verschiedenen Körpern der Einfluſs der Luft immer derselbe bleibt, so muſs der Erfolg offenbar ganz anders ausfallen. Dieses that aber Newton, indem er das *Pendel* zu diesem Zwecke in Anwendung brachte. Er schloſs in die hohle Linse seines Pendels nach und nach verschiedene Körper, Gold, Glas, Holz, Wasser, Wachs, Getreide u. s. w., ein und lieſs für jeden derselben das Pendel eine sehr groſse Anzahl von Schwingungen machen, deren Menge er an einer nebenstehenden Uhr genau abzählen konnte. In jeder dieser Schwingungen fiel und stieg der in dem Pendel eingeschlossene Körper durch denselben Raum und in derselben Zeit, einige Tausend Male in jeder Stunde, so daſs auch der geringste Unterschied in diesem Falle, so oft wiederholt, hätte merklich werden müssen, und da kein solcher Unterschied bemerkt werden konnte, so wurde das Gesetz als vollkommen wahr angenommen, in Beziehung auf seine Allgemeinheit sowohl, als auch in Beziehung auf seine innere Genauigkeit.

VI. Einer der mächtigsten Hebel bei der Entdeckung der Naturgesetze ist die Gabe der Auffassung der Aehnlichkeit und der Uebereinstimmung zwischen zwei scheinbar oft sehr verschiedenen Dingen. Schon Mersenne hatte die Bemerkung gemacht, daſs gewisse Töne, zu gleicher Zeit angestimmt, für einen Augenblick wenigstens klanglos an unserm Ohre vorübergehn. Grimaldi hatte ebenso bemerkt, daſs zwei Sonnen-

Digitized by Google

strahlen, in einen einzigen Punct vereinigt, unter gewiſsen Umständen diesen Punct nicht, wie man erwarten sollte, heller beleuchten, sondern vielmehr ganz dunkel machen. Diese beiden Erfahrungen waren über ein Jahrhundert bekannt, aber sie blieben unfruchtbar, weil sie von einander getrennt blieben. Plötzlich vereinigten sie sich in einem und demselben Kopfe und Young, dem dieser Kopf gehörte, wurde der Begründer der Undulationstheorie des Lichts, die nach dem, was er und Fresnel in wenig Jahren geleistet haben, sich der allgemeinen Attractionstheorie an innerem Werthe kühn zur Seite stellen kann. Die Aehnlichkeit des Verlöschens, dort des Tons und hier des Lichts, verbunden mit der Ueberzeugung, daſs der Ton in den Vibrationen der Luft bestehe, gab ihm auch sofort die Idee, daſs das Licht in ähnlichen Vibrationen bestehn müsse, und diese Idee drängte sich ihm so auf und wurde von ihm gleich anfangs so fest gehalten, daſs ihn weder seine vielen Gegner, noch die anfängliche Miſsachtung der ganzen gelehrten Welt, noch selbst die scheinbaren Widersprüche, die sich ihm in dieser Theorie anfangs entgegenstellten, davon abbringen konnten.

VII. Eine andere Facultät des menschlichen Geistes, die, wie die so eben erwähnte, dem eigentlichen Witze sehr nahe verwandt ist, hat auch schon oft genug zu schönen und groſsen Entdeckungen geführt; ich meine den Uebergang, den oft sehr schnellen Sprung vom Kleinen auf das Groſse und umgekehrt. Wie manches Experiment ist zuerst nur in einem Uhrglase oder vor einem Löthrohre gemacht worden, das wir jetzt täglich in groſsen Fabriken mit Hunderten von Tonnen oder in Vulcanen mit Millionen von Kubikfuſsen Lava ausgeführt sehn. Umgekehrt zeigt uns der Himmel die Planeten unsers Sonnensystems durch ungeheure Distanzen von einander getrennt und ganze Gruppen von zahllosen Sonnen in einen ihrer groſsen Entfernung wegen scheinbar engen Raum zusammengedrängt, aber in der That durch viele Millionen von Meilen von einander gesondert und doch durch ein gemeinsames Band der Attraction wieder zu einem einzigen Ganzen vereint. Wir staunen über die Gröſse des Schauspiels, das sich vor unsern Augen entwickelt, und plötzlich springt, wie ein elektrischer Funke, gleichsam unserer Verwunderung spottend, der Gedanke hervor, daſs viel-

Digitized by Google

leicht jedes Sandkorn, deren wir mit jedem unserer Schritte Tausende treten, ein nicht weniger künstliches und wundervolles Gewebe, wie jene Sterngruppe, ist, eine Welt im Kleinen, deren Atome im Verhältniſs zu ihrer eignen Gröſse durch ebenso gewaltige Räume von einander getrennt sind, wie dort die Gestirne des Himmels, und daſs in diesen Zwischenräumen nicht minder wunderbare Processe des Lichts, der Wärme und der Attraction vor sich gehn, als zwischen den Planeten unseres Sonnensystems. Wie es nun auch mit den weitern Regeln, wie man Versuche anstellen und daraus Folgerungen und Gesetze ableiten soll, sich verhalten möge, so ist es, wenn sonst wo, vorzüglich hier nothwendig, sich nicht sowohl an Vorschriften, als vielmehr an Beispiele zu halten. Die Geschichte der Wissenschaften und besonders die Monographieen der in dieser Geschichte hervorragenden Männer bieten uns die lehrreichsten Beispiele dieser Art dar. *Exempla magis prosunt quam praecepta,* sagt Newton in seiner von den trefflichsten Beispielen angefüllten und beinahe nur aus ihnen bestehenden *Arithmetica universalis,* indem er von der Erlernung der Wissenschaften spricht, und dieser goldne, in gar manchem unserer hochgestellten neuern Lehrbücher viel zu sehr vernachlässigte Spruch dringt sich noch gebietender auf, wenn es sich um die Bearbeitung, um die Erweiterung der Wissenschaft handelt.

I. Fehler, die bei diesem Geschäfte zu vermeiden sind.

Es ist ebenso schwer, mit einiger Vollständigkeit die *Regeln* anzugeben, die man bei dem Aufsuchen der Gesetze in den Erscheinungen der Natur zu beobachten hat, als die *Fehler* aufzuzählen, die man bei diesem Geschäfte vermeiden soll. Die meisten von beiden verstehn sich bei einem wohlgeordneten Verstande gleichsam schon von selbst, wie dieses, wohl in einem noch höhern Grade, bei den sogenannten moralischen Wissenschaften der Fall ist, obschon in beiden, man muſs es gestehn, sobald es zu der eigentlichen praktischen Ausführung kommt, nur zu oft gegen diese so klaren und einfachen Vorschriften gefehlt zu werden pflegt. Der berühmte Lagrange, vielleicht der gröſste Mathematiker, der je gelebt

hat, wurde, wie man es erwarten kann, oft genug von Andern über die Art oder Methode befragt, wie man die mathematischen und andere verwandte Wissenschaften erlernen oder studiren müsse; aber er soll beinahe jedesmal, wenn solche Fragen an ihn gestellt wurden, eine innere Abneigung, sich über solche Dinge zu erklären, geäuſsert und den meistens unberufenen Frager ohne genügende Antwort gelassen haben. Einst über diese Abneigung selbst befragt gab er, wie Delambre in seiner Biographie Lagrange's erzählt, als die ihm wahrscheinlichste Ursache dieses Widerwillens die an, daſs er selbst seine Studien ohne Lehrer und Begleiter, ja nur zu oft auch ohne einen eigentlichen vorhergegangenen Plan gemacht und überhaupt von allen diesen Vorschriften nicht viel gehalten habe. „Nicht daſs ich," fuhr er fort, „darüber nicht ebenso viel sprechen könnte, als mancher Andere, „denn ich habe wenigstens später oft darüber nachgedacht, welchen Weg ich früher hätte gehn sollen; indeſs war ich doch „auch damals nicht ohne gewisse Principien, die ich aber mehr „aus einer Art von Instinct, als aus Grundsatz befolgte, und „indem ich mich diesem überlieſs, befand ich mich meistens „sehr wohl dabei." Als er nun, im Verfolg des Gesprächs, wenigstens um die Mittheilung dieser Principien ersucht wurde, führte er das Folgende an, was wir der gröſsern Genauigkeit wegen mit seinen eigenen Worten wiedergeben. „Je n'étudiais „jamais dans le même tems qu'un seul ouvrage, mais s'il „était bon, je le lisais jusqu' à la fin. Je ne me hérissais point „d' abord contre les difficultés, mais je les laissais pour y revenir ensuite vingt fois s'il le fallait. Si après tous ces efforts je ne comprenais pas bien, je cherchais comment un „autre avait traité ce point-là. Je ne quittais point le livre „que j'avais choisi, sans le savoir, et je passais tout ce que je „savais bien, quand je le relisais de nouveau. Je regardais „comme assez inutile la lecture des grands traités d' analyse „pure, car il y passe, à la fois, un trop grand nombre de „méthodes devant les yeux. C'est dans les ouvrages d' *application*, qu' il faut les étudier, on y juge de leur utilité „et on y apprend la manière de s' en servir. Selon moi c'est „aux *applications*, qu'il convient surtout de donner son tems „et sa peine. Il faut se borner en général à consulter les „grands ouvrages sur le calcul, à moins qu' on ne rencontre

Digitized by Google

„des méthodes inconnues ou curieuses par leurs usages analy-„tiques. Dans mes lectures, je réfléchissais principalement sur „ce qui pouvait avoir guidé mon auteur à telle ou telle trans-„formation ou substitution, et à l' avantage, qui en résultait; „après quoi je cherchais si telle autre n'eût pas mieux réussi, „afin de me façonner à pratiquer habilement ce grand moyen „de l'analyse. Je lisais toujours la plume à la main, deve-„loppant tous les calculs et m'exerçant sur toutes les questions, „que je rencontrais, et je regardais comme une excellente pra-„tique celle de faire l'analyse des méthodes et même l'extrait „des résultats, quand l'ouvrage était important ou estimé. Dès „mes premiers pas j'ai cherché à approfondir certains sujets „pour avoir occasion d'inventer, et à me faire autant que „possible des théories à moi sur les points essentiels, afin de „les mieux graver dans ma tête, de me les rendre propres „et de m'exercer à la composition. J'avais soin de revenir „fréquemment aux considérations géométriques, que je crois „très propres à donner au jugement de la force et de la „netteté. Enfin je n'ai jamais cessé de me donner cha-„que jour une tâche pour le lendemain. L'esprit est pa-„resseux, il faut prévenir à sa lâcheté naturelle et le tenir „en haleine pour en développer toutes ses forces et les avoir „prêtes pour le besoin; il n'y a que l'exercice pour cela. „C'est encore une excellente habitude que celle de faire, au-„tant qu' on le peut, les mêmes choses aux mêmes heures, en „réservant les plus difficiles pour le matin. J'ai pris cette „coutume du roi de Prusse, et j'ai trouvé, que cette ré-„gularité rend peu-à-peu le travail plus facile et plus „agréable."

Diese Bemerkungen scheinen mir so vorzüglich, daſs man über jede derselben eine eigene Abhandlung schreiben könnte, wenn sie nicht eben dadurch an ihrem concentrirten Werthe wieder verlieren müſsten. Es wäre sehr zu wünschen, daſs uns die andern hervorragenden Männer der Wissenschaft ähnliche Bemerkungen hinterlassen hätten oder daſs doch die wenigen, die man noch auffinden kann, gesammelt und unter bestimmte Gesichtspuncte geordnet würden. Welchen Werth, welchen Nutzen könnten nur die wenigen Worte Newton's, wenn sie nach ihrem ganzen Gehalte erwogen werden, auf junge, den Wissenschaften sich widmende Männer haben, die

er zur Antwort gab, auf welche Weise er zu seinen groſsen Entdeckungen gekommen sey: *„Indem ich immer darüber nachdachte,“* während der gröſste Theil dieser jungen Leute der Meinung ist, daſs es schon hinreiche, diese Dinge nur eben in irgend einem Buche flüchtig gelesen und höchstens seinem Gedächtnisse eingeprägt zu haben, ohne weiter im Geringsten darüber selbst nachzudenken. Sie wollen es sich leicht machen, wie es jene nach ihrer Ansicht auch gethan haben, die ihre Entdeckungen alle, gleich der blinden Henne, welche Goldkörner findet, nur im Vorbeigehn und zufällig gemacht haben, ohne zu bedenken, daſs die Götter selbst ihren Lieblingen unter den Menschen nichts ohne Arbeit und Mühe gegeben haben.

Nicht minder wichtig, nicht nur für jeden Einzelnen, sondern für unsere ganze Erziehungs- und Bildungsart auf niedern und höhern Unterrichtsanstalten, ist vielleicht die Bemerkung, daſs beinahe alle groſsen Entdecker in den Naturwissenschaften zur Zeit ihrer Jugend nicht sowohl mit theoretischen, als vielmehr mit praktischen Arbeiten, mit Modellen und Maschinen u. dgl. sich vorzugsweise beschäftigt und daſs sie vielleicht eben dadurch jenen hohen Standpunct erreicht haben, auf welchem wir sie jetzt mit so viel Recht bewundern. *C'est aux applications, qu'il convient surtout de donner son tems et sa peine,* wie Lagrange gesagt hat, und diese *Applicationen* sind es doch, die bei aller unserer frühern und spätern Erziehung viel zu sehr vernachlässigt werden, da Alles nur auf das Erlernen der Regeln verwendet und selbst dieses Erlernen meistens nur als Sache des Gedächtnisses behandelt wird, während die höhern Facultäten des Geistes gröſstentheils leer ausgehn. Jene mechanischen Beschäftigungen, die z. B. mit der Construction von Modellen zu nur einigermaſsen zusammengesetzten Instrumenten verbunden sind, fesseln besonders den jugendlichen Geist auf eine ganz eigenthümliche Art, und sie gewöhnen, ja sie zwingen ihn gleichsam, den Gegenstand, den man zu seiner Untersuchung gewählt hat, in allen seinen Theilen zu durchdenken und, was besonders zu berücksichtigen ist, nichts Unklares, Halbverstandenes aufkommen zu lassen, endlich bei allen Hindernissen sich selbst und durch seine eigene Kraft zu helfen. Von Newton ist bekannt, daſs er bis in sein vierzehntes Jahr im

Digitized by Google

seiner Stadtschule zu Grantham eine sehr mittelmäſsige Rolle spielte, weil er nichts auswendig lernen wollte, was doch allein gefordert wurde, und weil er sich lieber mit der Verfertigung von kleinen Windmühlen, von Wasser- und Sonnenuhren u. dgl. beschäftigte, die er mit einer für sein Alter seltenen Präcision zu verfertigen wuſste. Huyghens behielt einen ähnlichen Hang seiner Jugend sein ganzes Leben hindurch bei, wie er denn im hohen Alter noch einen groſsen Theil seiner Zeit mit der Verfertigung von Planetarien und andern zusammengesetzten Maschinen zubrachte. Bei James Watt, dem Erfinder der Dampfmaschine, trat diese Eigenschaft, wie man erwarten kann, in einem noch höhern Grade hervor, so daſs selbst seine Verwandten ihn oft bitter tadelten, seine Zeit mit solchen Tändeleien zu verderben und dafür die Geschäfte der Schule zu versäumen. „Ich habe doch noch keinen faulern „Jungen gesehn, als du bist," sagte einmal sein Groſsvater zu ihm; „so nimm doch ein Buch zur Hand und beschäftige dich „einmal auf eine nützliche Weise. Die ganze Stunde, die du „nun da stumm gesessen hast, was hast du da gethan? Nichts „als den Deckel von dem Theetopfe abgenommen und auf„gesetzt und wieder abgenommen und die Tropfen an dem „Deckel angeguckt, die jeder Narr schon kennt und die du „allein noch nicht zu kennen scheinst. Es ist eine rechte „Schande von dir, deine Zeit so lüderlich hinzubringen." Der gute Groſsvater glaubte mit allen Narren diese Tropfen schon sehr gut zu kennen, und er würde wohl verächtlich gelächelt haben, wenn man ihm gesagt hätte, daſs die vorzüglichste Entdeckung, durch die sein fauler Enkel unsterblich werden würde, eben in seiner besondern Art, den Dampf in Tropfen zu verwandeln, bestehn sollte.

Also auch hier, wie zu Ende des vorhergehenden Abschnitts, werden Beispiele wieder besser und wirksamer seyn, als alle gute Lehren. Da aber hier nicht der Ort ist, eine solche Beispielsammlung aufzustellen, so wollen wir uns zum Schlusse dieses Artikels mit der Anführung eines einzigen, aber groſsen und durchgreifenden begnügen, um dadurch auf einen Hauptfehler aufmerksam zu machen, dessen Nichtbeachtung den Fortgang der gesammten Naturwissenschaften durch mehr als zwei Jahrtausende nicht nur verzögert, sondern völlig aufgehalten hat. Warum haben die alten Griechen und

Römer und nach ihnen die Araber und das ganze Mittelalter, vom PYTHAGORAS bis auf GALILEI, also von 500 vor bis 1600 nach dem Anfange unserer Zeitrechnung, in den vorzüglichsten Naturwissenschaften, der Astronomie, Optik, Mechanik u. s. w., so äuſserst wenig geleistet, so daſs die Resultate ihrer mehr als zweitausendjährigen Arbeiten mit denen eines einzigen Decenniums der neuern Zeit verglichen kaum in Betrachtung kommen? Die wahre Antwort auf diese Frage muſs für uns von hoher Wichtigkeit seyn, selbst wenn wir weniger, als dieses in der That der Fall ist, zu besorgen haben sollten, von unsern neuern Naturphilosophen wieder auf denselben falschen und ganz ungangbaren Weg zurückgeführt zu werden.

Man hat die Auflösung dieses die ganze Menschheit betrübenden, ja entehrenden Räthsels gewöhnlich in dem Mangel der Beobachtungen, in der gänzlichen Abwesenheit aller eigentlichen Versuche und Experimente gesucht, durch welche sich die griechischen Philosophen und alle ihre Nachfolger bis zum Anfange des 17ten Jahrhunderts zu ihrem eignen gröſsten Nachtheile ausgezeichnet haben sollen. Es ist allerdings wahr, daſs die Alten weder so viele, noch auch so gute Beobachtungen angestellt haben, wie die Neuern, weil ihnen die Mittel dazu fehlten und weil wenigstens die meisten ihrer Philosophen sich mehr mit Ideen, als mit Thatsachen und Erfahrungen zu beschäftigen pflegten. Allein wenn man den Ausdruck *Beobachtung* oder *Versuch* in seiner allgemeinen Bedeutung nimmt, so wird man wohl zugestehn müssen, daſs die Alten den Werth derselben gehörig anerkannt und auch von ihnen keinen geringen Gebrauch gemacht haben. ARISTOTELES und alle anderen Philosophen haben auf das Bestimmteste behauptet, daſs alle unsere Erkenntniſs von der Erfahrung ausgehe und ausgehn müsse. Man kann sich darüber nicht bestimmter ausdrücken, als der Stagirite in der folgenden Stelle[1] gethan hat. „Der Weg der Philosophie," sagt er, „ist derselbe, wie der aller andern Wissenschaften. Man „muſs nämlich zuerst Thatsachen sammeln und davon so viel „als möglich zusammentragen. Wenn man dann nicht diese „ganze Masse auf einmal, sondern wenn man dieselbe nur

1 Anal. Prior. I. 30.

Digitized by Google

„theilweise, einen Theil nach dem andern betrachtet, so wird „es die Sache dieser Betrachtung oder dieser Beobachtung, „die Principien für jeden Gegenstand aufzusuchen, wie z. B. „die astronomischen Beobachtungen uns die Principien der astro„nomischen Wissenschaft liefern. Denn wenn die himmli„schen Erscheinungen gehörig aufgefaſst (beobachtet) werden, „so kann man dann aus ihnen die Gesetze (Principien) der „Sternkunde ableiten. Dasselbe läſst sich auch von jeder an„dern Wissenschaft sagen, so daſs, wenn wir einmal die „Thatsachen (τὰ ὑπάρχοντα) eines Gegenstandes erhalten ha„ben, es dann unsere Sache ist, daraus die einzelnen Gesetze „gehörig abzuleiten." Diese Thatsachen begreift er wieder an einem andern Orte[1] unter der Benennung der *Sensation*. „Es „ist klar," sagt er, „daſs, wenn die Sensation unvollständig „ist, auch die darauf gebaute Erkenntniſs unvollständig seyn „muſs, da wir zur Erkenntniſs nur durch Induction oder durch „Demonstration gelangen und da wir keine Induction ohne „vorhergegangene Sensation machen können."

Allerdings haben sie sich vorzüglich mit allgemeinen Principien beschäftigt, am liebsten mit den allgemeinsten, die sie finden konnten, aber doch immer nur in der Absicht, um dadurch mehrere Classen von sinnlichen Erscheinungen, um dadurch ihre *Beobachtungen* darstellen zu können, was ihnen freilich oft schlecht genug gelungen ist. Die Beobachtung z. B., daſs die Körper zur Erde abwärts streben, während das Feuer und die Luft, wie sie sagten, aufwärts gehn, wurde durch das Princip erklärt, daſs jedes Ding seine eigene Stelle suche. Ein ähnliches Princip stellt Aristoteles für die Erscheinung auf, daſs flüssige Körper bei einer gewissen Temperatur fest und feste flüssig werden. Allein es bedarf der einzelnen Beispiele nicht, da ganze groſse Werke dieses Philosophen offenbar nur auf Beobachtungen gegründet sind, wie z. B. seine Schrift von den Farben, von den Tönen, seine sogenannten Probleme und vor allen seine Naturgeschichte und Physiologie oder seine physischen Lectionen, wie er sie genannt hat. Auch beruht unsere heutige Mechanik, Hydrostatik u. s. w. auf Thatsachen, welche die Alten ebenso gut gekannt haben, als wir selbst, wenn sie sie gleich nicht ebenso

1 Anal. Post. I. 18.

Digitized by Google

gut zu deuten wuſsten. Der eigentliche Fehler ihres Verfahrens liegt also weder in der Miſsachtung des hohen Werthes der Beobachtungen, noch auch in der Vernachlässigung der praktischen Anwendung derselben. Am wenigsten aber wird man sie beschuldigen können, daſs es ihnen an Scharfsinn gefehlt habe, diese von ihnen in Menge gesammelten Thatsachen zu vergleichen und zu ordnen. Denn alle die zahlreichen Schriften, die von Aristoteles auf uns gekommen sind, zeichnen sich ebenso vortheilhaft durch eine höchst zweckmäſsige Classification, als durch eine rein systematische Zusammenstellung aus. Da nun zu einer jeden eigentlichen Wissenschaft vor Allem zwei Dinge erfordert werden, Erfahrungen und Ideen oder, wenn man lieber will, Sinn und Verstand, und da es, wie wir gesehn haben, den Alten nicht an Erfahrungen oder Beobachtungen gefehlt hat, so muſs der Fehler in ihren Ideen gelegen haben. Das soll aber nicht heiſsen, daſs es ihnen an Geisteskraft oder daſs es an dem logischen Zusammenhange ihrer Ideen gefehlt habe. Wer diese Alten nur einigermaſsen kennen gelernt hat, wird willig zugestehn, daſs sie in Scharfsinn, in der Stärke der strengen Beweisführung, kurz in der gesammten Geisteskraft bisher noch von keinem Volke der Erde übertroffen worden sind. Allein obschon sie beides, Thatsachen und Ideen, im Ueberflusse besaſsen, *so waren doch diese Ideen weder bestimmt genug, noch auch jenen Thatsachen vollkommen angemessen*, und dieses ist der Grund, warum sie in allen Naturwissenschaften so weit hinter den Neuern zurückgeblieben sind.

Einige Beispiele werden dieses vollkommen erläutern. Wir erklären bekanntlich die *runden* Sonnenbilder in dem Schatten eines Baumes ganz einfach und befriedigend aus der kreisförmigen Gestalt der Sonne, verbunden mit der geradlinigen Richtung der Sonnenstrahlen. Aber statt dieser der Sache völlig angemessenen Idee geht Aristoteles bei seiner Erklärung von der (ganz unangemessenen) Voraussetzung aus, daſs das Sonnenlicht eine eigenthümliche Kreisnatur habe, welche Natur dasselbe denn auch überall zu äuſsern streben soll. Diese vage, unbestimmte und der zu erklärenden Sache ganz unangemessene Idee war die Ursache, die den Stagiriten hinderte, von dieser einfachen und alltäglichen Erscheinung die wahre Ursache zu finden. Wir erklären bekanntlich die Er-

Digitized by Google

ſcheinungen am *Hebel* alle aus dem Satze, den ſchon Archimedes (250 vor Chr. G.) aufgeſtellt hat, der aber bis Galilei (1600 nach Chr. G.) vernachläſsigt worden iſt, daſs nämlich für das Gleichgewicht des Hebels die zwei Gewichte ſich verkehrt wie ihre Entfernungen von dem ruhenden Puncte verhalten. Wie verfährt Aristoteles, um zu derſelben Erklärung zu gelangen? Zuerſt ſetzt er, im Eingange zu ſeinen mechaniſchen Problemen, die wunderbaren Eigenſchaften des Kreiſes aus einander. „Der Kreis," ſagt er, „iſt aus der „Verbindung ganz heterogener Dinge entſtanden. Er wird „zuerſt durch einen ruhenden Punct und durch eine bewegte „Gerade erzeugt, welche beide Dinge in ihrer innerſten Na„tur einander entgegengeſetzt ſind. Auch die Peripherie des „Kreiſes hat ganz entgegengeſetzte Eigenſchaften, denn ſie iſt „zugleich convex und concav. Der Kreis hat auch entgegengeſetzte „Bewegungen, indem man in ihm zugleich vor- und rück„wärts gehn kann und doch immer wieder zu demſelben „Puncte zurückkommt, ſo daſs jeder Punct dieſer Peripherie „zugleich der erſte und auch der letzte Punct derſelben iſt. Da „nun der Kreis eine ſo wunderbare Figur iſt, ſo wird es auch „Niemand auffallen, wenn er auch das Princip von andern, „ebenfalls wunderbaren Erſcheinungen iſt und wenn aus etwas „ſchon an ſich Wunderbarem auch wieder etwas anderes Wun„derbares abgeleitet wird." Nach dieſem ſonderbaren Exordium, das ganz im Geſchmacke unſerer neuen deutſchen Naturphiloſophie abgefaſst iſt, geht er nun zu ſeiner Erklärung des Hebels über. Er zeigt zuerſt, daſs, wenn ein Körper am Ende eines Hebels in Bewegung geſetzt wird, derſelbe als zwei Bewegungen in ſich enthaltend betrachtet werden muſs, nämlich eine in der Richtung der Tangente und die andere in der Richtung des Halbmeſſers des Kreiſes, in deſſen Peripherie er ſich bewegt. Jene erſte iſt, wie er ſagt, die der Natur angemeſſene, dieſe nennt er die der Natur entgegengeſetzte Bewegung. Nun iſt aber, fährt er fort, in dem kleinern Kreiſe die entgegengeſetzte Bewegung ſtärker, als in dem gröſsern Kreiſe, und deshalb wird der Körper an dem längern Hebelarme durch dieſelbe Kraft einen weitern Weg fortgeführt, als der andere Körper am Ende des kürzern Arms. Dieſer unbeſtimmte und der Sache ſelbſt ganz fremde Begriff, dieſe Logodädalie von den wunderbaren Eigenſchaften des

Digitized by Google

Kreiſes und von einer der Natur angemeſsenen und unangemeſsenen Bewegung konnte unmöglich zu einer wahren Erkenntniſs des Gegenſtandes führen.

Alle übrige Beispiele, die wir aus dieſem gröſsten und bewundertſten aller alten Philoſophen anführen könnten, sind durchaus derſelben Art. Am auffallendſten erſcheint dieſes in ſeinen ſogenannten *Problemen*, wo Frage und Antwort von ihm ſelbſt in kurzen Worten ausgedrückt neben einander geſtellt werden. „Warum," heiſst es da, „warum kann ein klei-„ner Keil groſse Klötze zerſprengen? Weil der Keil," wird geantwortet, „aus zwei entgegengeſetzten Hebeln beſteht. „Warum muſs ein Menſch, wenn er von ſeinem Sitze auf-„ſteht, die obere und untere Hälfte ſeines Körpers unter ei-„nem ſpitzen Winkel gegen einander neigen? Weil der rechte „Winkel mit der Gleichheit und Ruhe in Verbindung ſteht. „Warum treibt man den Stein weiter mit der Schleuder, als „mit der bloſsen Hand? Weil der Stein mit der Hand aus „der Ruhe, mit der Schleuder aber aus einer ſchon ſtatt ha-„benden Bewegung getrieben wird. Warum iſt es ſo ſchwer, „einen Ton von ſeiner Octave zu unterſcheiden? Weil dann „das Verhältniſs in der Stelle der Gleichheit ſteht u. s. w." Man muſs geſtehn, daſs dieſs ganz unbeſtimmte, verwirrte und werthloſe Antworten ſind, die uns über die Sache, welche ſie erklären ſollen, ganz im Dunkeln laſſen. Die Phyſik des Aristoteles muſs daher als ein ganz miſsrathenes Werk betrachtet werden, und es iſt ſchwer zu erklären, wie ſolche Dinge den menſchlichen Geiſt, den Geiſt der Beſten eines jeden Volkes, durch zwei volle Jahrtauſende hinhalten und an allem eigentlichen Fortſchritte hindern konnten.

Charakteriſtiſch erſcheint bei den ariſtoteliſchen Schlüſsen, daſs ſie ſo oft nicht aus der beobachteten Erſcheinung ſelbſt, ſondern aus dem Worte abgeleitet werden, mit welchem in ſeiner Sprache die Erſcheinung belegt wird. Seine *phyſiſchen Lectionen* ſind voll von dieſen ſonderbaren Verſuchen, die Geheimniſse der Natur in dem Bau und der Conſtruction der Wörter zu ſuchen, durch welche wir dieſelben zu bezeichnen pflegen. Sobald ihm eines jener abſtracten Wörter, wie Kraft, Stoſs, Geſchwindigkeit u. dgl., begegnet, ſucht er nun dieſes Wort mit dem innern Lichte ſeines Geiſtes zu

beleuchten und mit seinem spitzigen Scharſsinne zu durchgrübeln, ohne sich dabei weiter viel um die Sache selbst zu bekümmern, die in der äuſsern Sinnenwelt diesem Worte entsprechen soll. Er scheint als Grundsatz angenommen zu haben, daſs die wahre Philosophie nur aus der innern Relation dieser Wörter hervorgehn könne, und so suchte er denn auch seine ganze Weisheit nur in dieser Quelle. Er hätte seine ersten Begriffe von den Gegenständen durch äuſsere Beobachtung fixiren und verbessern sollen, während er sie nur durch innere Reflexionen zu erläutern und zu analysiren suchte; er sollte, durch wirkliche Versuche, jene Begriffe den Thatsachen anpassen, während er nun umgekehrt diese Thatsachen selbst so lange änderte und modificirte, bis sie den darüber bestehenden Wörtern sich anpassen lieſsen. Auf diesem Wege gelangt er z. B. zu den Sätzen, daſs der *leere Raum* nicht existire, daſs alle Dinge ihren eignen Raum suchen u. dgl. „Im leeren Raume," sagt er[1], „kann es keinen Unterschied „von oben und unten geben, denn da bei einem Nichts kein „Unterschied seyn kann, so kann auch keiner bei einer blo-„ſsen Negation existiren, der leere Raum ist aber" (wie er früher aus der grammatischen Construction des Wortes gefunden hat) „eine bloſse Negation der Materie, also würden „sich in einem leeren Raume die Körper weder auf noch „nieder bewegen, was sie doch ihrer Natur nach thun müs-„sen; also giebt es keinen leeren Raum." Ganz analog verfährt er[2] mit seiner Erklärung der vier Elemente aller Dinge. Am auffallendsten aber erscheinen diese *Exspatiationes ingenii*, wie sie Kepler nannte, wenn der Stagirit durch seine Einbildungskraft in jene höheren Gegenden verleitet wird, wo ihm weder eigentliche Beobachtungen noch Wörter zu Gebote stehn, um seine Schlüsse auf sie zu bauen. So beweist er, gleich im Eingange seiner Schrift *De Coelo*, die Vollkommenheit der Welt auf folgende Weise: „die Dinge, aus welchen die Welt besteht, sind alle solide Körper und sie haben „daher alle drei Dimensionen; aber drei ist unter allen Zah-„len die vollkommenste, denn sie ist die erste aller Zahlen" (weil nämlich eins noch keine Zahl ist und weil man statt

1. Physik IV. 7.
2. De Genesi et Corrupt. II. 2.

Digitized by Google

zwei auch beide sagen kann); „drei ist ferner die Zahl, durch „die wir Alles bezeichnen können. Diese Zahl drei hat auch „einen bestimmten Anfang, Mittel und Ende“ u. s. w. Aus diesem allen folgt ganz unwidersprechlich, daſs diese Welt von allen möglichen Welten die beste und vollkommenste seyn muſs. Die Pythagoräer haben im Gegentheile die Zahl vier, die sie *Tetras* oder *Tetraktys* nannten, für die vollkommenste aller Zahlen und zugleich für das Symbol der menschlichen Seele gehalten. Die spätern Philosophen dieser Schule wollten der Zahl zehn den Vorzug geben und leiteten daraus den Schluſs ab, daſs es auch zehn Himmelskörper in unserm Sonnensysteme geben müsse, und da sie nur neun derselben kannten, so behaupteten sie kühn, daſs es noch eine Ἀντιχθών (Gegenerde) gebe, die auf der andern Seite der Sonne stehe und daher für uns immer unsichtbar seyn müsse.

Alle diese Verirrungen des menschlichen Geistes entsprangen aus derselben Quelle, aus dem Mangel an Uebereinstimmung der Begriffe mit den ihnen zu Grunde liegenden äuſsern Erscheinungen. Die Griechen begnügten sich bei ihren Untersuchungen der Natur mit vagen, dunklen, ihren Erfahrungen nur halb oder gar nicht angemessenen Begriffen und scheinen sich um jene sonnenklaren und eben dadurch festen und dauernden Relationen, die zwischen den äuſsern Dingen und unsern innern Vorstellungen darüber existiren, nur wenig bekümmert zu haben. Der verkrüppelte und unförmliche Wuchs ihrer Naturwissenschaften war die unmittelbare Folge dieses Verfahrens. Copernicus, Kepler, Galilei und Stevin im sechzehnten Jahrhundert haben endlich den Schleier zerrissen und den dichten Nebel zerstreut, der so viele Jahrhunderte hindurch die schönsten Länder unseres Welttheils verfinstert hatte. Unsere Nachbarn jenseit des Rheins und der Nordsee sind seitdem muthig und mit dem glücklichsten Erfolge auf der neuen Bahn vorgeschritten, und wenn wir hinter ihnen nicht zurückgeblieben sind, so werden wir um so mehr Ursache haben, uns zu freuen, da es in den letzten Decennien des verflossenen Jahrhunderts nicht an Versuchen gefehlt hat, uns wieder auf jenen alten, verderblichen Weg der sehr mit Unrecht so genannten Naturphilosophie zurückzuführen, vor dem man sich, durch lange und traurige Erfahrungen gewarnt, nicht leicht zu viel in Acht nehmen kann. Aus diesem Grunde

Digitized by Google

sollte zum Schlusse dieses Artikels der Gegenstand unter uns näher besprochen werden. Umständliche Nachweisungen darüber findet man in dem ersten Theile von WHEWELL's History of the inductive Sciences. London 1837, deutsch bei Hoffmann in Stuttgart 1840. Eine andere mit dem Vorhergehenden nahe verwandte Betrachtung, die manche Leser vielleicht schon hier erwartet haben, werden sie in dem Artikel *Wahrscheinlichkeitsrechnung* finden.

L.

Verticalkreis, s. Scheitelkreis.

Verticallinie, s. Scheitellinie.

Verwandtschaft[1].

Wahlverwandtschaft, Wahlanziehung, Affinität, chemische Kraft; *Attractio electiva, Affinitas;* Attraction élective, Affinité; *Affinity.*

I. Begriff der Affinität.

Die Anziehungskraft[2] oder das Bestreben der Materien, sich zu nähern und zu vereinigen, kann in die *mechanische* und in die *chemische* eingetheilt werden. Bei ersterer, zu welcher *Gravitation*, *Cohäsion* und *Adhäsion* gehören, erfolgt die Annäherung und Vereinigung der Materien ohne Aenderung ihrer Eigenschaften, die räumlichen Verhältnisse abgerechnet; bei der chemischen dagegen, welche den Gegenstand dieses Artikels ausmacht, vereinigen sich Stoffe, welche

---

1 Zu diesem Artikel gehört die Kupfertafel XXXIX, welche indeſs keine Figuren enthält, deren Nummern mit den übrigen in gewohnter Weise fortlaufen, sondern für sich numerirte, die chemischen Zersetzungen darstellende Schemata, auf welche, wie sonst auf die Figuren, am Rande durch Sch. und die bezeichnende Nummer hingewiesen wird.

2 S. Art. *Anziehung.* Bd. I. S. 321.

Digitized by Google

unsern Sinnen heterogen erscheinen, zu einem homogenen Ganzen, in welchem sich auch mittelst noch so gut bewaffneter Sinne nichts Ungleichartiges mehr entdecken läſst. Sowohl der Act dieser Vereinigung, als auch das hierdurch erzeugte Product heiſst *chemische Verbindung* oder *Mischung*, oder ein *Gemisch* (im Gegensatze zu dem durch Adhäsion erzeugten *Gemenge*), und in dem Falle *Auflösung*, wenn das Product flüssig ist. Die in einer chemischen Verbindung enthaltenen hererogenen Stoffe sind ihre *Bestandtheile*, von welchen, wenn der eine flüssig, der andere fest ist, ersterer als *Auflösungsmittel*, *Menstruum*, letzterer als *aufgelöster Körper*, *Solutum* unterschieden wird.

Die Aeuſserungen der chemischen Kraft haben mit denen der Adhäsion am meisten Aehnlichkeit, sofern durch beide ungleichartige Stoffe, die in unmittelbare Berührung kommen, zu einem Ganzen verbunden werden. Aber die durch Affinität erzeugte Verbindung erscheint unsern Sinnen gleichartig und läſst, wofern sie durchsichtig ist, das Licht, wenn gleich oft gefärbt, doch immer klar hindurch, weil die chemisch vereinigten Stoffe als Ganzes die Brechung des Lichtes bewirken, z. B. die Auflösung von Salz in Wasser, von flüchtigem Oel in Weingeist, die Verbindung der Kohlensäure mit Kalk zu Kalkspath, des Schwefels mit Zink zu Blende. Bei einem mechanischen Gemenge dagegen lassen sich meistens die Gemengtheile durch die Sinne unterscheiden und das Gemenge erscheint trübe, auch wenn die Gemengtheile völlig durchsichtig sind. Sand, in welchen sich durch Adhäsion Wasser gezogen hat, bietet dem bewaffneten Auge die Gemengtheile deutlich dar und zeigt dem Gefühle zugleich die Härte des Sandes und die Feuchtigkeit des Wassers; Wasser, in welchem durch starkes Schütteln Oel fein vertheilt ist, welches sich wegen der Adhäsion nur langsam wieder ausscheidet, erscheint als eine milchige Flüssigkeit, weil die durchfallenden Lichtstrahlen eine vielfache Brechung und Zurückwerfung nach allen Richtungen hin erleiden, da sie abwechselnd und unter verschiedenen Winkeln auf Wasserschichten und Oeltropfen fallen. Allerdings läſst sich auch der Kalkspath, wiewohl er eine chemische Verbindung ist, durch Pulvern undurchsichtig machen, wie in ähnlicher Gestalt der kohlensaure Kalk als Kreide vorkommt, aber dieses Pulver ist nun ein

Gemenge von Kalkſpaththeilchen und Luft und verhält ſich daher gleich dem mit Waſſer gemengten Oele.

So leicht es mittelſt dieſer Kennzeichen in den meiſten Fällen iſt, eine chemiſche Verbindung von einer mechaniſchen zu unterſcheiden, ſo zeigen ſie ſich doch bei den Verbindungen der elaſtiſchen Flüſſigkeiten als unzureichend. Wie oben[1] auseinandergeſetzt worden iſt, ſo erhebt ſich eine ſchwerere Gasart, wenn auch nur an einem kleinen Puncte mit einer darüber befindlichen leichtern in Berührung, allmälig in dieſer und zieht ſie zum Theil zu ſich herab, bis überall beide Gaſe in gleichem Verhältniſſe vereinigt ſind. Dieſe Art von Verbindung wird von Berthollet als eine chemiſche betrachtet, von Andern als eine durch Adhäſion, durch eine Art von Haarröhrchenanziehung bewirkte. Für erſtere Anſicht läſst ſich anführen, daſs die Verbindung homogen und klar erſcheint. Aber auſser den am angeführten Orte angegebenen Gründen dienen vorzüglich noch folgende zur Widerlegung:

1) Eine Gasart läſst ſich von einer andern, wofern ſie nicht gefärbt ſind, durchs Auge nicht unterſcheiden, nicht als heterogen erkennen, denn ſie iſt unſichtbar, und ein Glasgefäſs hat daſſelbe Anſehn, es ſey luftleer oder mit irgend einem farbloſen Gaſe gefüllt. Wenn ſich nun zwei Gaſe ſo fein durch einander zertheilt haben, wie dieſes vermöge ihrer auſserordentlichen Beweglichkeit und Feinheit möglich iſt, ſo iſt an keine Erkennung ihrer heterogenen Natur zu denken, und auch die ſchwache Farbe, welche einigen Gaſen eigenthümlich iſt, wird bei dieſer höchſt feinen Mengung ſo vertheilt, daſs auch das bewaffnete Auge nicht im Stande iſt, die gefärbten und ungefärbten Gastheilchen zu unterſcheiden.

2) Dieſe feine Vertheilung iſt ohne Zweifel auch der Grund, warum das Licht von einem Gasgemenge gleichförmig gebrochen wird und alſo klar hindurchgeht. Bei einer Mengung von tropfbaren Flüſſigkeiten, wie Oel und Waſſer, iſt wegen ihrer Cohäſion die Mengung niemals ſo fein.

3) Es fehlen der Mengung der Gaſe diejenigen Charaktere, durch welche wirkliche chemiſche Verbindungen ausgezeichnet ſind. So iſt nicht jeder einfache oder zuſammenge-

---

1 S. Art. *Atmoſphäre.* Bd. I. S. 485 ff.

setzte Stoff mit jedem andern chemisch verbindbar; Wasser mischt sich mit Weingeist, nicht mit Oel, es löst Salz, nicht Glas u. s. w., und die Kraft, wodurch die chemische Verbindung entsteht, ist nach der Natur der Stoffe eine sehr verschiedene. Dagegen mengt sich jedes Gas, es sey einfach oder zusammengesetzt, mit jedem andern, und die Schnelligkeit der Mengung hängt nicht von der chemischen Natur der Gase, sondern von mechanischen Ursachen ab, besonders vom specifischen Gewicht, indem die dünneren Gase sich am schnellsten bewegen. Ferner zeigt es sich bei chemischen Verbindungen, daſs mittelst einer Flüssigkeit von einem festen Körper um so mehr gelöst wird, je mehr die Menge der Flüssigkeit beträgt. Sieht man nun mit Berthollet die Vertheilung der Wasserdämpfe und anderer Dämpfe unter ihrem Siedpuncte in der Luft als eine Auflösung an, so ist es nicht wohl erklärlich, warum in demselben Raume und bei derselben Temperatur gleich viel Wasser verdampft, der Raum sey luftleer oder mit verdünnter oder verdichteter Luft erfüllt, und warum gar im letzteren Falle, wo die Menge des Auflösungsmittels die gröſste ist, die Verdampfung am langsamsten erfolgt, warum ferner dieselbe Wassermenge verdampft, der Raum enthalte Luft oder Stickgas, Wasserstoffgas u. s. w., während doch bei chemischen Verbindungen die Menge des Aufgelösten je nach der Natur des Auflösungsmittels sehr verschieden ist. Es erfolgt ferner bei den Mengungen der Gase keine Temperaturänderung, wie diese die wirklichen chemischen Verbindungen begleitet. Bei den meisten chemischen Verbindungen tritt Aenderung des Volumens ein, bei den Mengungen der Gase nicht. Die lichtbrechende Kraft eines Gasgemenges hält nach Biot und Arago genau das Mittel zwischen der lichtbrechenden Kraft seiner Gemengtheile, was bei wirklich chemischen Verbindungen der Gase, z. B. des Wasserstoff- und Stickgases zu Ammoniakgas, nicht der Fall ist. Bei chemischen Verbindungen zeigt sich häufig auffallende Farbenveränderung, bei Gasgemengen nie. So ist die chemische Verbindung des blaſsgelben Chlorgases mit dem farblosen Wasserstoffgas, das salzsaure Gas, farblos; dagegen hat ein Gemenge dieser beiden Gase die sehr blaſsgelbe Farbe, wie diese als Mittel entstehn muſs; ebenso liefert der pomeranzengelbe Untersalpetersäure-Dampf mit farblosen Gasen, mit

Digitized by Google

denen keine chemische Verbindung erfolgt, blasser gelbe Gemenge. Ist endlich ein Stoff mit einem andern chemisch verbunden, so vermag ihn ein dritter Stoff meistens schwieriger, bisweilen auch leichter sich anzueignen, als wenn er sich im freien Zustande befindet. So nimmt der Schwefel den Sauerstoff aus dem Stickoxydulgase erst bei einer viel höhern Temperatur auf, als aus dem Sauerstoffgase; umgekehrt entzieht er den Sauerstoff der Salpetersäure schon bei einer viel niedrigeren Temperatur, dagegen bedarf er gerade derselben Temperatur, um sich in der Luft zu entzünden, wie in reinem Sauerstoffgase, obgleich dieses in der Luft mit viel Stickgas gemengt ist. Ebenso nehmen die in Wasser gelösten schwefligsauren Alkalien den Sauerstoff der Luft so leicht auf, wie den des Sauerstoffgases, nicht aber den des Stickoxydulgases, weil er in diesem mit dem Stickstoff wirklich chemisch verbunden ist. Die einzige Erfahrung, welche hiergegen zu sprechen scheint, ist die, daſs der Phosphor in der Luft die langsame Verbrennung bei niedrigerer Temperatur zeigt, als im Sauerstoffgas; es ist jedoch erwiesen, daſs diese Verbrennung in einem 5fach verdünnten Sauerstoffgas ebenso leicht erfolgt, wie in der Luft, und es ist also wahrscheinlich bloſs die durch das Stickgas bewirkte Verdünnung des Sauerstoffgases, welche die Verbrennung bei niedrigerer Temperatur möglich macht.

Nach allem diesen ist anzunehmen, daſs diejenigen Verbindungen der elastischen Flüssigkeiten unter einander, welche ohne alle Aenderung der Temperatur, des Volumens, der Farbe, der lichtbrechenden Kraft und der chemischen Verhältnisse gegen andere Stoffe erfolgen, nicht als chemische, sondern als mechanische, durch Adhäsion bewirkte, zu betrachten sind. Wird hierbei die atomistische Ansicht zu Grunde gelegt, nach welcher die Gase aus Kugeln bestehn, deren Kern ein wägbares Atom und deren Hülle die Wärme bildet, so ist anzunehmen, daſs bei diesen Mengungen die heterogenen Atome durch ihre Wärmesphären hindurch anziehend auf einander wirken, ohne doch mit einander in Berührung zu treten, und so eine gleichförmige Mengung der heterogenen Kugeln veranlassen. Bei wirklich chemischen Verbindungen dagegen, z. B. bei der Bildung von Untersalpetersäure-Dampf aus Stickoxydgas und Sauerstoffgas, vereinigen sich nach dieser Ansicht die heterogenen Atome, ihre Wärme-

Digitized by Google

sphären gleichsam durchbrechend, unmittelbar mit einander zu zusammengesetzten Atomen, die sich dann wieder, wenn die Verbindung gasförmig ist, mit Wärmehüllen umgeben. Hiernach bestände das Gasgemenge aus Kugeln von verschiedener Natur, die gasförmige Verbindung aus Kugeln von einerlei Natur, deren Kern ein zusammengesetztes Atom bildet. Während nach dieser Auseinandersetzung mehrere Chemiker den Wirkungskreis der Affinität zu sehr erweitert und die Mengungen der Gase als chemische Verbindungen betrachtet haben, ist derselbe durch andere Chemiker zu sehr eingeschränkt worden.

Hierher gehört Dalton's Ansicht von der Absorption der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten, welche er als eine mechanische ansieht, die aber nach der oben[1] gegebenen Darlegung als chemisch zu betrachten ist, während allerdings die Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch feste Körper theils auf einer Wirkung der Adhäsion, theils auf einer der Affinität beruhn möchte.

Aber nicht bloſs diese Verbindungen der tropfbaren Flüssigkeiten mit Gasen, sondern auch die Gemische der tropfbaren Flüssigkeiten unter einander und die Auflösungen fester Körper in ihnen werden, sobald sie nicht proportionirt sind, von Berzelius, Mitscherlich, Dumas und anderen der ausgezeichnetsten neuern Chemiker als nicht chemische angesehn, welche durch eine andere Kraft, als die chemischen Verbindungen hervorgebracht worden seyen. So die Mischung von Wasser und Weingeist, von Weingeist und flüchtigem Oel, die Auflösung von Säuren, Alkalien und Salzen in Wasser, Weingeist u. s. w. Mitscherlich leitet diese Verbindungen von der Adhäsion ab; Berzelius von einer Modification der Affinität, während nach ihm die eigentlichen chemischen Verbindungen durch die elektrische Anziehung hervorgebracht werden; Dumas von einer Kraft, welche er die *Kraft der Auflösung* nennt und die er als zwischen der Cohäsion und der Affinität inne stehend betrachtet. Während durch erstere homogene Stoffe vereinigt werden und durch die letztere vorzüglich stark entgegengesetzte nur nach bestimmten Verhältnissen zu einem mit eigenthümlichen Eigenschaften begabten Producte, so vereinigen sich mittelst der Kraft der Auflösung

1 S. Art. *Absorption.* Bd. I. S. 74. 113.

Digitized by Google

vorzugsweise ähnliche Stoffe, z. B. Metalle mit Metallen (deren Verbindung jedoch oft mit starker Feuerentwickelung verknüpft ist), oxydirte Körper mit oxydirten Lösungsmitteln, wasserstoffreiche Körper, wie Harze, Fette, mit wasserstoffreichen Lösungsmitteln, wie Weingeist, Aether und nicht mit Wasser, zeigen wenigstens nach einer Seite hin einen Sättigungspunct und behalten in dieser Verbindung ihre charakteristischen Eigenschaften mehr bei. Er sieht diese drei Kräfte als Modificationen einer und derselben Kraft an, welche sich um so energischer als Affinität äufsern, je entgegengesetzter sich die Stoffe sind. Bei diesen Ansichten dürfte es unmöglich seyn, eine genügende Definition der Affinität und der Adhäsion oder auch der Kraft der Auflösung zu geben. Denn auch bei diesen Verbindungen bilden heterogene Stoffe, wie Wasser und Salz, ein homogenes Ganzes; auch sie gehn unter Aenderung der Temperatur, des Volumens, der lichtbrechenden Kraft und bisweilen auch der Farbe vor sich (so giebt das gelbe Chlorkupfer mit Wasser eine grüne Lösung, die bei weiterer Verdünnung blau wird). Allerdings besteht die Temperaturänderung bei diesen Verbindungen häufiger in einer Erniedrigung als Erhöhung. Allein bei Mischungen von Flüssigkeiten, wie Weingeist und Wasser u. s. w., tritt meist die letztere ein, wenn auch nur in geringem Grade, und die bedeutenden Erkältungen beim Auflösen fester Körper können selbst, wenn man es zur Regel macht, dafs bei jeder chemischen Verbindung Wärme frei wird, nichts gegen die chemische Natur einer solchen Auflösung beweisen, da die hierbei vielleicht entwickelte Wärme viel geringer ist, als die zur Flüssigmachung verbrauchte und latent gewordene. Wollte man alle mit Wärmeentwickelung verknüpfte Verbindungen für chemische erklären und alle von Erkältung begleitete für nicht chemische, so wäre das Gemisch aus Weingeist und Wasser eine chemische, das aus Weingeist und Eis eine nicht chemische Verbindung. Ebenso möchte es nicht wohl angehn, die Verbindungen, je nachdem sie proportionirt sind oder nicht, in chemische und mechanische zu scheiden. Einige Beispiele mögen dieses erläutern. Die Schwefelsäure ist nach jedem Verhältnisse mit Wasser verbindbar. Die Verbindung von 40 Theilen derselben mit 9 Theilen Wasser zu Vitriolöl wird mit Recht als eine proportionirte angesehn, denn

Digitized by Google

sie verdampft beim Erhitzen als Ganzes; ebenso die Verbindung mit 18 Theilen Wasser, denn sie krystallisirt schon über 0°. Die Verbindungen mit mehr Wasser dagegen sollen, da sie nichts Proportionirtes zeigen, als nicht chemische gelten; allein die Verbindung von 40 Schwefelsäure mit 27 Wasser ist dadurch ausgezeichnet, daſs bei ihr die stärkste Verdichtung der beiden Stoffe statt findet; so wäre es auch möglich, daſs die Verbindungen der Säure mit 36, 45 und mehr Theilen Wasser auch noch einige Eigenthümlichkeiten zeigten, die sie als proportionirte und also auch als chemische zu betrachten berechtigten; auf jeden Fall ist es schwer einzusehn, warum die Verbindungen der Säure mit den ersten Antheilen Wasser chemische seyn sollen, die mit den gröſsern Mengen mechanische, und es ist nicht wohl möglich, hier eine sichere Grenze zu ziehn. Die meisten Salze lösen sich im Wasser nach einem mit der Temperatur wechselnden Verhältnisse und diese Auflösungen mögen vor der Hand als nicht proportionirt gelten; aber Fuchs hat gezeigt, daſs 1 Theil Kochsalz genau 2,7 Theile Wasser zur Lösung braucht, welches auch die Temperatur sey. Dieses ist, wie sich aus der unten folgenden stöchiometrischen Lehre ergeben wird, das Verhältniſs von 1 Atom Kochsalz auf 18 Atome Wasser. Wenn hiernach diese Verbindung proportionirt, also auch chemisch ist, warum sind nicht auch andere Lösungen ähnlicher Stoffe chemische Verbindungen? Das Glas ferner oder die zusammengeschmolzene Mischung von Kieselerde und Alkalien dürfte als *kieselsaures* Salz auch nach der hier bestrittenen Ansicht als eine chemische Verbindung zu betrachten seyn; dennoch bildet bei hinreichender Hitze die Kieselerde mit den Alkalien fast nach jedem Verhältnisse ein klares Glas, ohne daſs bei einem bestimmten Verhältnisse sehr ausgezeichnete Eigenschaften hervortreten, nur daſs das Glas um so strengflüssiger, härter und unlöslicher ist, je mehr die Kieselerde, um so leichtflüssiger, weicher und löslicher, je mehr das Alkali vorwaltet.

Endlich noch folgende Bemerkungen. Wenn auf den Zusatz von Ammoniak die Alaunerde aus ihrer Auflösung in Schwefelsäure niedergeschlagen wird, so ist dieses eine Wirkung der Affinität; wenn dagegen das Wasser aus salpetersaurem Wismuthoxyd das Wiſsmuthweiſs fällt, indem es sich

Digitized by Google

mit einem Theile der Salpetersäure vereinigt, oder der Weingeist aus der wässerigen Lösung den Salpeter, weil der Weingeist an das Wasser tritt, so sollen diese ganz analogen Zersetzungen nicht Wirkung der Affinität seyn, sondern der Adhäsion oder Auflösungskraft. Bei solchen Zersetzungen der Metallsalze, wie der Wismuthsalze durch Wasser, denen es Säure, und des einfach talgsauren Kalis, dem es die Hälfte seines Kalis entzieht, würde die Affinität, die man als die stärkere Kraft betrachtet, durch eine schwächere Kraft überwunden. Wenn endlich ein mit flüchtigem Oel gesättigtes klares Wasser als eine durch Adhäsion bewirkte Verbindung betrachtet wird, was ist dann das durch noch mehr darin suspendirtes Oel trüb gemachte Wasser? Es wären zwei durch Adhäsion bewirkte Verbindungen zu unterscheiden, klare, worin nichts Heterogenes bemerkt wird, und trübe, ungleichartig erscheinende. Wollten die genannten groſsen Chemiker den Versuch machen, bei jeder einzelnen Verbindung zu entscheiden, welche eine chemische und welche eine mechanische ist, so würde sich wahrscheinlich die Unmöglichkeit einer solchen Scheidung noch bestimmter herausstellen. Wofern sie jedoch gelänge, so würden alle die als nicht chemisch erkannten Verbindungen keinen Gegenstand der Chemie mehr abgeben, in den chemischen Werken nur kurz zu berühren und der Physik, welche sich mit der Adhäsionslehre beschäftigt, zu überlassen seyn.

Diese Betrachtungen mögen genügen, das Miſsliche einer Ansicht darzuthun, welche ich um so ausführlicher bekämpfen zu müssen geglaubt habe, weil sie die gröſsten Autoritäten für sich hat. Auf jeden Fall liegt dieser Ansicht die Wahrheit zu Grunde, daſs stärkere und schwächere Affinitäten zu unterscheiden sind, daſs erstere proportionirte und durch auffallenden Charakter ausgezeichnete Verbindungen liefern, letztere minder bestimmt proportionirte und in ihren Eigenschaften von den Bestandtheilen minder abweichende Verbindungen, daher auch schon Berthollet die innigern Verbindungen als *Combinaisons* von den losern, den *Dissolutions*, unterschied. Doch ist dieses nur ein gradweiser Unterschied, der keine scharfe Scheidung und keine Zurückführung auf verschiedene Kräfte zuläſst.

Digitized by Google

II. Verbreitung der Affinität.

Allen einfachen oder bis jetzt unzerlegten Stoffen kommt das Vermögen zu, sich mit andern einfachen Stoffen zu vereinigen, aber nur vom Sauerstoff und Schwefel ist es ausgemacht, daſs sie der Verbindung mit allen übrigen einfachen Stoffen, das noch nicht für sich bekannte Fluor ausgenommen, fähig sind, während die meisten übrigen einfachen Stoffe zwar mit mehreren andern, aber nicht mit allen Verbindungen eingehn. So zeigen die meisten Metalle keine Verbindbarkeit mit Wasserstoff und Stickstoff. Es ist möglich, daſs allen einfachen Stoffen gegen alle übrige Affinität zukommt, aber viele Verbindungen nicht erhalten worden sind, theils weil es bis jetzt nicht gelungen ist, die Stoffe in diejenigen Umstände zu versetzen, unter welchen sich ihre Affinität äuſsern kann, daher es z. B. auch erst in neuerer Zeit gelang, den Stickstoff mit dem Phosphor und Schwefel zu vereinigen, theils weil in manchen Fällen andere vorherrschende Naturkräfte die Verbindung hindern. Diese sind vorzüglich die Schwerkraft, die Cohäsion und die Elasticität. Vielleicht sind es die Cohäsion und Schwerkraft, welche die Verbindung des Kohlenstoffes mit dem Quecksilber hindern; das Bestreben der Kohlenstofftheilchen, unter sich verbunden zu bleiben, ist vielleicht gröſser, als ihr Bestreben, sich mit denen des Quecksilbers zu vereinigen, und das gröſsere specifische Gewicht des Quecksilbers hindert es vielleicht zugleich, sich in dem viel leichtern Kohlenstoff zu vertheilen. So kann ferner die Elasticität des Wasserstoffs und Stickstoffs der Grund seyn, warum sie sich mit den meisten Metallen nicht verbinden, weil sie hierdurch ihre elastische Form verlieren würden. Nehmen wir hierbei an, ein Gas sey die Verbindung eines wägbaren Stoffes mit Wärme, so heiſst dieses mit andern Worten: die Affinität des Wasserstoffes und Stickstoffes zur Wärme ist gröſser, als die zu den meisten Metallen, daher ihre Verbindung mit letztern durch die überwiegende Affinität zur Wärme gehindert wird.

Die aus der Vereinigung von zwei einfachen Stoffen entspringenden Verbindungen, die man *Verbindungen der ersten Ordnung* nennen kann und zu welchen vorzüglich die unorganischen Säuren, Salzbasen, Chlormetalle u. s. w. gehören,

Digitized by Google

sind gröſstentheils wiederum der Vereinigung fähig, und zwar nur selten mit einfachen Stoffen, sondern vorzugsweise unter einander, z. B. Schwefelsäure und Kali. So entstehn *Verbindungen der zweiten Ordnung,* zu welchen vorzüglich die einfachen Salze zu rechnen sind. Diese Verbindungen können sich wiederum theils unter einander, theils mit Verbindungen der ersten Ordnung zu Verbindungen einer höhern Ordnung vereinigen u. s. w. Je verwickelter jedoch die Zusammensetzung der Verbindungen wird, je mehr das Verbindungsbestreben der darin enthaltenen Elemente hiermit seine Befriedigung erlangt hat, desto mehr nimmt das Bestreben zu weitern Vereinigungen ab, und die Chemie erreicht hiermit endlich ihre Grenze. Bei den Verbindungen der zweiten Ordnung kann man *nähere* und *entferntere,* Bestandtheile, *Principia proxima* und *remota* unterscheiden. So sind im schwefelsauren Kali Schwefelsäure und Kali die nähern und (da die Schwefelsäure aus Sauerstoff und Schwefel, das Kali aus Sauerstoff und Kalium besteht) Sauerstoff, Schwefel und Kalium die entferntern Bestandtheile. Bei Verbindung der dritten Ordnung hätte man *nähere, entferntere* und *entfernteste* Bestandtheile zu unterscheiden u. s. w.

Da die Verbindungen meistens andere Affinitäten zeigen, als ihre Bestandtheile, so werden bisweilen die Affinitäten der Bestandtheile als *primitive, elementare* von den *resultirenden* Affinitäten der Verbindungen unterschieden. Die ältern Chemiker haben folgende hierher gehörige Fälle noch mit besondern Namen belegt. Ist mit dem Stoff A der Stoff B verbindbar, der Stoff C nicht, wird es aber letzterer durch seine Verbindung mit dem Stoff B, so ist dieses die *vermittelnde Verwandtschaft, affinitas approximans s. appropriata s. adjuta.* So wird Alaunerde (C) durch ihre Verbindung mit Schwefelsäure (B) in Wasser (A) löslich. Ist weder B, noch C mit A verbindbar, wohl aber BC, so ist dieses die neu *erzeugte Verwandtschaft, Affinitas producta.* So ist weder Stickstoff noch Kohlenstoff mit Quecksilber verbindbar, wohl aber ihre Verbindung zu Cyan.

Digitized by Google

III. Bildung chemischer Verbindungen.

Den Fall, wo sich zwei oder mehrere Stoffe vereinigen, ohne daſs dabei Aufhebung einer vorher bestehenden Verbindung erfolgt, nannten die alten Chemiker die *zusammensetzende* oder *mischende Verwandtschaft*, *Affinitas compositionis s. mixturae.*

1) Bedingungen, unter welchen die chemische Verbindung erfolgt.

A. Die Affinität der zu verbindenden Stoffe muſs die der Vereinigung entgegenwirkenden Kräfte, wie Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität, überwiegen.

B. Die zu verbindenden Stoffe müssen in unmittelbare Berührung kommen, da die Affinität nicht in die Ferne wirkt.

C. In der Regel muſs wenigstens der eine der zu verbindenden Stoffe tropfbar oder elastisch flüssig seyn, und wenn er es nicht schon bei gewöhnlicher Temperatur ist, durch höhere in diesen Zustand versetzt werden. Daher die alte Regel: *Corpora non agunt, nisi fluida*, wobei man mit Unrecht annahm, der flüssige Stoff, das *Menstruum*, sey allein das Wirkende und der feste Stoff, das *Solvendum*, die aufzunehmende Last. Der Grund, warum sich feste Stoffe in der Regel nicht vereinigen, liegt ohne Zweifel in der Unbeweglichkeit ihrer Theile, sie kommen daher nur in sehr wenigen Puncten mit einander in unmittelbare Berührung; an diesen Puncten mag sich eine höchst dünne Schicht der Verbindung bilden, allein wenn diese ebenfalls fest ist, so bleibt sie als eine Scheidewand zwischen den zwei Stoffen gelagert und hindert somit jede weitere Berührung und Verbindung. Allein hier gelingt es oft durch anhaltendes Reiben, eine vollständigere Vereinigung zu Wege zu bringen, z. B. fein vertheiltes Kupfer mit Schwefel zu vereinigen, wobei sich sogar Wärmeentwickelung zeigt, weil durch das Reiben die innige Berührung der beiden Stoffe vielfach erneuert wird. Ist dagegen die Verbindung flüssig, dann kann sie entweichen und damit möglich machen, daſs sich immer neue Theile der zwei festen Stoffe berühren und verbinden. So vereinigt sich

Digitized by Google

zu einer Flüssigkeit Eis unter 0° mit Kochsalz und vielen andern Salzen und festes Wismuthamalgam mit festem Bleiamalgam. Ein ähnlicher Fall ist die Verbindung der krystallisirten Kleesäure mit Kalk durch Zusammenreiben, denn da erstere mehr Krystallwasser enthält, als der sich bildende kleesaure Kalk aufzunehmen vermag, so wird gleich im Anfange der Verbindung ein wenig Wasser frei, welches dann Kleesäure auflöst u. s. w. In seltenen Fällen reicht auch schon Erweichung des einen Stoffes durch Hitze hin, um die Vereinigung möglich zu machen. So wird mit Kohle umgebenes Eisen in der Glühhitze langsam vom Kohlenstoff durchdrungen (*Cämentation*). Erfolgt die Verbindung von zwei Stoffen schon bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur, so heiſst dieser Act *Auflösung auf nassem Wege;* muſs höhere Temperatur vorausgehn, um vorher Schmelzung zu bewirken, so heiſst er *Auflosung auf trockenem Wege, Zusammenschmelzung.*

D. Aber wenn auch die drei genannten Bedingungen erfüllt, selbst wenn beide Stoffe flüssig sind, erfolgt nicht immer die Verbindung, wofern nicht eine noch höhere Temperatur einwirkt. Schwefel läſst sich bei gewöhnlicher Temperatur mit Quecksilber nur durch anhaltendes Reiben vereinigen, auch wenn er bis zu seinem Schmelzpuncte erhitzt ist, nur sehr langsam; dagegen bei noch stärkerem Erhitzen, wobei er aus seinem dünnflüssigen Zustande in einen dickeren übergeht, also wegen vermehrter Cohäsion gerade weniger zur Verbindung geneigt seyn sollte, und ebenso, wenn er dem erhitzten Quecksilber in Dampfgestalt dargeboten wird, in welchem die Elasticität der Verbindung entgegenwirken sollte, vereinigt er sich mit diesem Metalle rasch und vollständig. Auch mit der Kohle vereinigt sich der Schwefel nicht bei seinem Schmelzpunct, sondern erst in der Glühhitze, wobei doch keine Erweichung oder Schmelzung der Kohle statt findet und die Elasticität des Schwefeldampfes die Verbindung gerade erschweren sollte. Ebenso ist zur Verbrennung der Kohle in Sauerstoffgas Glühhitze nöthig. Am auffallendsten ist es endlich, daſs sich das Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas und vielen andern brennbaren Gasen mengen läſst, ohne eine chemische Verbindung einzugehn, die aber in der Glühhitze sogleich erfolgt. Hier werden die Stoffe einander im möglichst flüssigen

Digitized by Google

Zustande dargeboten und die Erhitzung kann nur noch die Elasticität und damit eine der Affinitätsäuſserung entgegenwirkende Kraft vermehren. Wie in solchen Fällen eine höhere Temperatur die Verbindung befördert, ist noch nicht genügend erklärt. Man kann nicht sagen, daſs die Stoffe, welche sich in der Kälte nicht vereinigen, eine zu geringe Affinität gegen einander haben, um etwa die Cohäsion oder Elasticität überwinden zu können, und daſs durch höhere Temperatur die Affinität vermehrt und dadurch über jene hemmenden Kräfte Meister würde. Sonst müſsten die so bei höherer Temperatur erzeugten Verbindungen in der Kälte, wo die Affinität sschwächer wäre und durch jene Kräfte besiegt würde, wieder zerfallen. Am auffallendsten ist der oben bemerkte Fall, daſs sogar gasförmige Stoffe, wie Sauerstoff und Wasserstoff, zu ihrer Vereinigung einer höhern Temperatur bedürfen. Wollte man dieses auch nach der atomistischen Ansicht daraus erklären, wie es auf eine ähnliche Weise schon Monge und Berthollet[1] versuchten, daſs jedes Gasatom mit einer Wärmesphäre umgeben ist, welche die unmittelbare Berührung der heterogenen Atome und damit ihre Vereinigung hindert, daſs der zuerst erhitzte Antheil des Gasgemenges durch seine Ausdehnung die benachbarten zusammenpreſst und dadurch eine Annäherung und Verbindung der Atome bewirkt, so würde diese Erklärung doch sehr ungenügend erscheinen, denn die auch durch die rascheste Erhitzung bewirkte Zusammenpressung kann nicht für so bedeutend angesehn werden, wenn man bedenkt, daſs z. B. das Gemenge aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas in freier Luft aufsteigend schon durch einen schwach glühenden Körper entzündet werden kann, wo einerseits die Erhitzung und Ausdehnung der zunächst liegenden Theile nicht so stark ist und, da das Gasgemenge nach allen Seiten ausweichen kann, die Zusammenpressung geringer seyn muſs, auf jeden Fall nicht das 50fache des Luftdrucks betragen möchte. Andererseits hat Delaroche[2] gezeigt, daſs ein solches Gemenge, mit Quecksilber gesperrt und 540 Meter tief ins Meer hinabgelassen, wo es einen 50fachen Luftdruck auszuhalten hatte, unverändert blieb. Ja selbst, wenn man in

---

1 S. Statique chimique T. I. p. 304.
2 Schweigger's Journ. Th. I. S. 172.

Digitized by Google

einer zugeſchmolzenen Glasröhre, die mit zwei eingeſchmolzenen Platindrähten verſehn iſt und Salzſäure haltendes Waſser nebſt einem Manometer enthält, das Waſser durch die Volta'ſche Säule zerſetzt, wo das ſich entwickelnde Gemenge aus Sauerſtoff- und Waſserſtoffgas ſich allmälig bis zu einer Spannung von 150 Atmoſphären anhäuft, ſo tritt nach Degen [1] keine Vereinigung ein, ſondern die Röhre wird endlich zerſprengt. Auch heftiges Schütteln mit Queckſilber bewirkt nicht eine Verbindung dieſes Gasgemenges; raſche Compreſsion in einer eiſernen Röhre nach Biot [2] allerdings, aber dieſe iſt wieder mit Temperaturerhöhung verknüpft. Wenn man endlich dieſes Gemenge in einer Röhre ſo langſam erhitzte, als man nur immer wollte, und dadurch die ſucceſſiven Ausdehnungen und Zuſammenpreſſungen faſt ganz aufhöbe, ſo würde dennoch in derſelben höhern Temperatur die Vereinigung erfolgen, wie bei raſchem Erhitzen. Es bliebe endlich bei obiger Annahme unerklärt, warum ſich viele Gaſe ſchon bei gewöhnlicher Temperatur vereinigen, z. B. Salpetergas und Sauerſtoffgas, ſalzſaures und Ammoniakgas, hydriodſaures und Ammoniakgas u. s. w. Hierbei iſt es auffallend, daſs die meiſten der hier genannten Gaſe zu denjenigen gehören, welche unten als einatomige werden bezeichnet werden und von welchen man nach der atomiſtiſchen Anſicht annehmen muſs, daſs in ihnen die einzelnen Atome gerade mit der gröſsten Wärmeſphäre umgeben ſind.

Vor der Hand läſst ſich daher nur ſagen, daſs viele Stoffe durch eine höhere Temperatur, ohne daſs dadurch ihre Affinitäten vergröſsert werden, in einen Zuſtand gelangen, in welchem ſich ihre Affinitäten am beſten äuſsern können, aber eine genügende Erklärung läſst ſich bis jetzt nicht geben.

E. In einigen Fällen kann die Wirkung des *Lichtes* die der höhern Temperatur erſetzen. Ein Gemenge von Waſserſtoff- und Chlorgas bleibt bei gewöhnlicher Temperatur im Dunkeln unverändert; die Vereinigung zu ſalzſaurem Gas läſst ſich ſowohl durch Erhitzung nicht bis zum Glühpuncte, als auch durch Licht, ſchon durch das bloſse Tageslicht bewirken. Ein Gemenge von Kohlenoxyd- und Chlorgas wird

1 Poggendorff Ann. XXXVIII. 454.

2 G. XX. 99.

durch das Sonnenlicht unter Verdichtung auf die Hälfte in Phosgengas verwandelt; Glühhitze würde wahrscheinlich dasselbe bewirken. Verschiedene organische Substanzen nehmen den Sauerstoff der Luft und mehrerer Metalloxyde sowohl bei einer Erwärmung auf 100 bis 200° auf, als auch bei Einwirkung des Sonnenlichts u. s. w.[1]

F. Auch die Elektricität begünstigt viele Verbindungen. Stärkere elektrische Schläge oder der Strom des Volta'schen Apparats, durch Streifen und Drähte von Metallen geleitet, bewirken deren Verbrennung. Schwächere elektrische Schläge und zum Theil schon Funken entzünden Schieſspulver, Aether und Weingeist, elektrische Funken entzünden die Gemenge von Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas und vielen andern brennbaren Gasen und von Chlorgas mit Wasserstoffgas, und ein Gemenge von Sauerstoffgas und Stickgas wird durch anhaltend hindurchschlagende elektrische Funken bei Gegenwart von Wasser zu Salpetersäure verdichtet. In allen diesen Fällen scheint die Feuerentwickelung, die bei der Vereinigung der beiden Elektricitäten statt findet, die Verbindung zu bewirken, und somit reducirt sich die Wirkung der Elektricität auf die der höhern Temperatur. Nur bei der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Stickstoff scheint diese Erklärung nicht hinzureichen, denn ein Gemenge von Sauerstoffgas, Stickgas und Wasserdampf, durch eine noch so heftig glühende Porcellanröhre geleitet, bleibt unverändert. Daher möchte bei dem Durchschlagen elektrischer Funken durch ein solches Gasgemenge auch die Compression in Anschlag zu bringen seyn, welche einzelne Theile des Gemenges hierdurch erleiden; ein jeder Funke treibt eine kleine Menge Gas mit Schnelligkeit vor sich her, macht es glühend und preſst es zugleich heftig zusammen, und so bewirken höhere Temperatur und Druck zugleich die Vereinigung.

G. Während der Druck nur durch Temperaturerhöhung die Vereinigung zu befördern scheint, so giebt es dagegen mehrere Fälle, in welchen eine von durchaus keiner Temperaturerhöhung begleitete *Ausdehnung* diese Wirkung hervorbringt. Phosphor bleibt im Sauerstoffgas bei gewöhnlichem Luftdrucke unter + 27° unverändert, erst bei 27° fängt er

1 Vergl. *Licht, chemische Wirkungen.* Bd. VI. S. 303.

Digitized by Google

an, langſam darin zu verbrennen; dieſe langſame Verbrennung zeigt er dagegen in verdünntem Sauerſtoffgas ſchon bei einer niedrigern Temperatur. Hierbei iſt es merkwürdig, daſs die Verdünnung des Sauerſtoffgaſes nicht bloſs durch Verminderung des äuſsern Drucks bewirkt zu werden braucht, ſondern daſs Beimengung fremdartiger Gaſe, welche unter den gegebenen Umſtänden weder auf den Sauerſtoff noch auf den Phosphor chemiſch wirken, z. B. des Stickgaſes, Waſſerſtoffgaſes u. ſ. w., zu dem unter dem gewöhnlichen Luftdrucke befindlichen Sauerſtoffgas denſelben Erfolg hat, weil auch hierdurch daſſelbe in einen gröſsern Raum vertheilt wird [1]. Hiermit hängt das Verhalten des nicht bei gewöhnlicher Temperatur entzündlichen Phosphorwaſſerſtoffgaſes [2] zuſammen, welches, wenn man es in einer mit Queckſilber gefüllten, faſt horizontal geneigten Röhre mit Sauerſtoffgas mengt, ſich erſt dann entzündet und die Röhre zerſchmettert, wenn man ſie aufrecht ſtellt, ſofern die unter dem Gasgemenge befindliche Queckſilberſäule daſſelbe ausdehnt. Die Erklärung dieſer Erſcheinungen iſt noch nicht gegeben.

H. Auch die Gegenwart eines mit groſser Oberfläche verſehenen feſten ſchweren Körpers, beſonders eines Metalles, bewirkt theils bei gewöhnlicher, theils bei wenig erhöhter Temperatur die Verbindung elaſtiſch-flüſſiger Stoffe, beſonders des Sauerſtoffes mit brennbaren Gaſen und Dämpfen, die ſonſt erſt in der Glühhitze erfolgen würde. Dieſe Wirkung zeigen die unedlen Metalle weniger deutlich, als die edeln, weil ſich mit zunehmender Temperatur ihre Oberfläche mit Oxyd bedeckt, und von den edeln Metallen zeigt ſie im höchſten Grade das Platin, vielleicht weil es das ſpecifiſch ſchwerſte iſt. In je vertheilterem Zuſtande das Metall dem Gasgemenge dargeboten iſt, je mehr hiermit die Berührungspuncte vermehrt ſind, deſto ſtärker iſt die Wirkung, daher ſie ſich bei Platinſchwamm und Platinſchwarz [3] am auffallendſten zeigt. Es erfolgt dann auf der Oberfläche des Metalls die Verbindung des Sauerſtoffs mit dem brennbaren Stoffe; die hierdurch entwickelte Wärme erhöht die Tempe-

---

1 Vergl. *Phosphor*. Bd. VII. S. 475.
2 Ebendas. S. 479.
3 Vergl. *Platin*. Bd. VII. S. 590.

Digitized by Google

ratur des Metalls und damit seine Wirksamkeit, und so wird es durch diese sich im Kreise steigernde Wechselwirkung endlich glühend und veranlaſst nun die rasche Verbrennung. Es scheint durch die Adhäsion des Metalls zu den Gasen ein Theil derselben auf seiner Oberfläche verdichtet zu werden, womit die heterogenen Atome, ihrer Wärmesphären entkleidet, in unmittelbare Verbindung treten und sich vereinigen können, und die hierdurch entwickelte Wärme beschleunigt diesen Proceſs immer mehr. Das Ausführlichere hierüber wird im Artikel *Wärme*, *Erzeugung derselben durch chemische Wirkungen*, mitgetheilt werden.

I. Manche Stoffe, vorzüglich sehr elastische oder sehr cohärente, verbinden sich oft nur unter chemischer Mitwirkung anderer wägbarer Stoffe mit einander.

Hierher gehört besonders die Bildung chemischer Verbindungen durch *Substitution*. Der eine der zu verbindenden Stoffe oder beide befinden sich bereits in einer andern Verbindung, die minder elastisch oder minder cohärent ist, als der Stoff für sich, und aus welcher sie dann in die neue Verbindung übergehn. Stickgas und Wasserstoffgas sind der Verbindung zu Ammoniak weder durch Erhitzung noch durch Elektricität fähig. Man kann jedoch Ammoniak erhalten, wenn man Stickoxydgas mit feuchter Zinnfeile zusammenbringt, welche aus dem Wasser den Wasserstoff und aus dem Stickoxyd den Stickstoff frei macht, die sich dann im Augenblick des Freiwerdens, im *statu nascenti*, bevor sie noch Gasgestalt angenommen haben, zu Ammoniak vereinigen. Ebenso verhält sich das Stickoxydgas gegen viele andere Stoffe und die
Sch. 50. Salpetersäure gegen das Zinn. So entsteht auch das Ammoniak beim Erhitzen von salpetersaurem Kali mit Gummi, wobei ersteres den Stickstoff, letzteres den Wasserstoff zur Ammoniakbildung liefert, und beim Glühen stickstoffhaltiger organischer Verbindungen, in welchen bereits beide Elemente, nur in einer andern Verbindung, enthalten sind.

So erhält man Untersalpetersäure, indem man Ammoniakgas über glühenden Braunstein oder auch, mit Sauerstoffgas gemengt, durch eine leere glühende Röhre leitet. Die Verbindungen des Stickstoffes mit Chlor, Iod, Schwefel und Phosphor lassen sich auf keine Weise direct aus Stickgas und einem dieser Stoffe darstellen; man läſst Chlor auf wässeriges

Digitized by Google

salzsaures Ammoniak und Iod auf wässeriges Ammoniak wirken, man erhitzt die Verbindung von Chlorphosphor mit Ammoniak, und man bringt Chlorschwefel mit Ammoniak zusammen, um diese Verbindungen zu erhalten. Das Iod läſst sich mit gasförmigem Sauerstoff auf keine Weise zu Iodsäure vereinigen, erhitzt man es aber mit concentrirter Salpetersäure, so entweicht diese als salpetrige, indem ein Theil ihres Sauerstoffs mit dem Iod, zu Iodsäure verbunden, zurückbleibt. Auch erhält man beim Auflösen von Iod in wässerigem Kali eine Flüssigkeit, welche Iodsäure und Hydriodsäure an Kali gebunden enthält, indem sich ein Theil des Iods mit dem Sauerstoff, ein anderer mit dem Wasserstoff des Wassers verbindet. Bei diesem Processe kommt die prädisponirende Affinität (s. unten) des Kalis zu diesen beiden Säuren, wodurch ihre Bildung möglich wird, mit in Betracht. Die Bromsäure und die Chlorsäure lassen sich weder aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen, noch, wie die Iodsäure, durch Erhitzen des Broms oder Chlors mit Salpetersäure, sondern bloſs nach dem zuletzt angegebenen Proceſs mit wässerigem Kali. Die Verbindung des Wassers mit Sauerstoff zu Wasserstoffhyperoxyd erhält man nicht aus Wasser und Sauerstoffgas, sondern durch Zusammenbringen von Wasser, Salzsäure und Baryumhyperoxyd, wobei sich die Salzsäure mit dem Baryt vereinigt und das Wasser mit dem Sauerstoff, den das Baryumhyperoxyd abzugeben hat, um zu Baryt zu werden. Wasserfreier Baryt nimmt die gasförmige Kohlensäure nicht auf, wasserhaltiger mit Leichtigkeit unter Freiwerden des Wassers. Krystallisirte Alaunerde (Sapphir) und viele andere schwache Salzbasen im krystallisirten oder geglühten Zustande lösen sich nicht in Salzsäure; werden sie aber vorher mit Kali oder einer ähnlichen stärkern Salzbasis zusammengeglüht, womit sie eine Verbindung eingehn, so werden sie darin löslich. Wäre wirklich die Cohäsion der Alaunerde gröſser, als ihre Affinität zur Salzsäure, so dürfte sich die Erde auch nach dem Glühen mit Kali nicht darin lösen, sondern müſste sich nach Entziehung des Kalis durch die Salzsäure wieder unauflöslich ausscheiden. Es scheint nur die besondere Art der Zusammenfügung in ihrem krystallinischen Zustande zu seyn, welche die Aeuſserung der Affinität der Salzsäure hindert. In andern Fällen ziehn im Vereinigungsacte begriffene Stoffe andere, mit welchen sie

Digitized by Google

in Berührung sind, durch eine Art von Thätigkeitsmittheilung ebenfalls in den Verbindungsproceſs, in welchen letztere für sich nicht gerathen seyn würden. Verbrennt Wasserstoffgas in Sauerstoffgas und ist diesen Gasen etwas Stickgas beigemengt, so entsteht neben dem Wasser eine Spur Salpetersäure, und bei vorwaltendem Wasserstoffgas zugleich Ammoniak. Bekanntlich nehmen Zink und Nickel, mit verdünnter Schwefelsäure in Berührung, den Sauerstoff des Wassers auf, entwikkeln Wasserstoffgas und lösen sich als Oxyd in der Säure. Kupfer für sich thut dieses nicht, aber seine Legirung mit Zink und Nickel, das Argentan, löst sich völlig in verdünnter Schwefelsäure. Die beiden letztern, sich durch das Wasser oxydirenden Metalle veranlassen daher auch das Kupfer, den Sauerstoff desselben aufzunehmen. Ebenso ist das Platin für sich in Salpetersäure unauflöslich; aber mit Silber legirt, welches so leicht darin löslich ist, löst es sich ebenfalls. Steht ein Gemenge von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas mit feuchten organischen Körpern in Berührung, welche, in einem Selbstentmischungsprocesse begriffen, Sauerstoff aus der Umgebung aufnehmen und Kohlensäure bilden, so wird nach Th. Saussure durch diesen langsamen Verbrennungsproceſs der Wasserstoff des Gasgemenges veranlaſst, sich ebenfalls mit dem Sauerstoff zu vereinigen, und das Gasgemenge verschwindet. Befinden sich stickstoffhaltige organische Verbindungen an der Luft in einer solchen Selbstentmischung, wobei sich ihr Kohlenstoff und Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft allmälig vereinigt, so vereinigt sich auch der hierbei frei werdende Stickstoff im Moment seines Freiwerdens, besonders bei Gegenwart einer Salzbasis, mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure. In diesem Falle, auf welchem die gewöhnliche Salpetererzeugung beruht, kommt zugleich auch der *status nascens* des Stickstoffs in Betracht.

2) Umstände und Erfolge der chemischen Verbindung.

Alles, was in dieser Hinsicht über die Verbindung unwägbarer Stoffe unter einander und mit wägbaren zu sagen wäre, kommt in den die unwägbaren Stoffe abhandelnden

Digitized by Google

Artikeln vor, daher bloſs die Verbindungen der wägbaren Stoffe hier einer Betrachtung bedürfen.

A. Entwickelung oder Verschluckung unwägbarer Stoffe bei der Verbindung der wägbaren.

Alle chemische Verbindungen wägbarer Stoffe sind mit einer Aenderung der Temperatur verbunden.

In den meisten Fällen zeigt sich eine *Temperaturerhöhung*, die je nach der Natur der Stoffe bald nur Bruchtheile eines Grades beträgt, bald zu dem höchsten bekannten Hitzgrade steigt und, sobald sie bedeutender ist, von Lichtentwickelung begleitet erscheint. Da diese Wärmeentwickelung im Art. *Wärme* ausführlicher abgehandelt wird, so mögen hier folgende Andeutungen genügen. Die Wärmeentwickelung ist in der Regel um so bedeutender, je gröſser die Affinität der sich verbindenden Stoffe ist, und da die einfachen Stoffe die gröſste Affinität zu einander zeigen, so entwickeln sie bei ihrer Verbindung auch das stärkste Feuer, z. B. Sauerstoff und Kohle, Phosphor, Schwefel, Metalle, Chlor und Metalle. Bei der Verbindung zusammengesetzter Stoffe steigt die Wärmeentwickelung nur selten, wie bei Vitriolöl und Bittererde, bis zur Glühhitze.

Diese Wärmeentwickelung läſst sich aus der etwa verminderten Wärmecapacität der neuen Verbindung, so wie aus dem Freiwerden der Flüssigkeitswärme, wenn gasförmige Stoffe starre Verbindungen bilden, z. B. Sauerstoffgas mit Phosphor die Phosphorsäure, keineswegs genügend erklären. Denn es bilden sich viele Verbindungen, z. B. die des Sauerstoffes mit dem Wasserstoff zu Wasser, unter starker Feuerentwickelung, welche Verbindungen eine gröſsere Wärmecapacität besitzen, als das durch Berechnung gefundene Mittel der Wärmecapacitäten ihrer Bestandtheile beträgt. Ebenso giebt es viele mit Feuer verknüpfte Vereinigungen, bei welchen keine Verdichtung einer Gasart vor sich geht oder bei welchen sogar aus festen Körpern Gasarten gebildet werden. So verbrennt der Kohlenstoff im Sauerstoffgas zu kohlensaurem Gas, welches dasselbe Volumen bestitzt, wie vorher das Sauerstoffgas, und

Digitized by Google

bei dem Verpuffen der Kohle mit Salpeter entwickeln sich kohlensaures Gas und Stickgas. Man ist daher genöthigt, zu einer der folgenden Hypothesen seine Zuflucht zu nehmen. Entweder halten die wägbaren Stoffe, auch im festen Zustande, eine gewisse Menge Wärme innig gebunden, um so mehr, je einfacher sie sind, welche bei der Vereinigung einem grofsen Theile nach in Freiheit gesetzt wird; oder nach der elektrochemischen Ansicht nimmt man an, dafs alle wägbare Stoffe die beiden Elektricitäten in einem verschiedenen Verhältnisse gebunden enthalten und dafs sich bei der Verbindung der wägbaren Stoffe die in dem einen vorherrschende positive Elektricität mit der im andern vorherrschenden negativen zu Wärme vereinigt.

Temperaturerniedrigung tritt fast nur bei denjenigen Verbindungen ein, welche durch eine schwache Affinität bedingt sind und bei welchen feste Körper in den tropfbar-flüssigen Zustand übergehn. So beim Auflösen einiger Salze in Wasser und verdünnten Säuren, beim Auflösen von Eis in Weingeist oder verdünnter Schwefelsäure, bei Zusammenreiben von Salzen mit Eis oder von festem Wismuthamalgam mit festem Bleiamalgam, die sich zu einer flüssigen Verbindung vereinigen[1]. Es ist wahrscheinlich, dafs in Folge dieser chemischen Verbindungen an und für sich etwas Wärme entwickelt werden würde, wenn nicht die zur Schmelzung der festen Körper erforderliche und latent werdende Wärmemenge viel mehr betrüge, so dafs die statt findende Erkältung zu betrachten ist als die Differenz zwischen der Wärmemenge, welche durch die Vereinigung entwickelt, und derjenigen, welche durch die Flüssigmachung verschluckt wird. So ist es ausgemacht, dafs, während Eis bei seiner Auflösung in verdünnter Schwefelsäure oder Weingeist Kälte erzeugt, Wasser mit diesen Flüssigkeiten eine schwache Temperaturerhöhung bewirkt.

Aufserdem hat Gay-Lussac gezeigt, dafs beim Vermischen verschiedener gesättigter wässeriger Salzlösungen mit mehr Wasser eine Erkältung entsteht, die beim salpetersauren Ammoniak 5°, bei andern Salzen weniger beträgt, wiewohl hierbei eine schwache Verdichtung eintritt. Wahrscheinlich ist die Wärmecapacität der Verbindung etwas gröfser, als

---

1 Vergl. *Wärme. Künstliche Kälte.*

Digitized by Google

die ihrer Bestandtheile im Mittel. Dürfte es hiernach auch als Regel angenommen werden, daſs sich bei chemischen Verbindungen Wärme entwickelt, nur daſs diese durch Schmelzung oder vergröſserte Wärmecapacität oft latent wird, so giebt es doch eine Verbindung, bei deren Bildung wahrscheinlich viel Wärme verschluckt wird. Dieses ist die Verbindung des Wassers mit Sauerstoff zu Wasserstoffhyperoxyd. Denn wenn dieses wieder in Wasser und Sauerstoffgas zerfällt, so wird bedeutend viel Wärme dabei entwickelt, wiewohl hierbei der Sauerstoff aus dem tropfbaren in den elastischen Zustand übergeht und dadurch Wärme latent macht.

Die bei einigen Verbindungen zu bemerkende schwache *Elektricitätsentwickelung*, wobei sich in dem einen der sich verbindenden Stoffe die eine, in dem andern die andere Elektricität zeigt, ist bereits betrachtet worden[1].

B. Zeit, in welcher die Verbindung erfolgt.

a) *Bei denselben zwei Stoffen* erfolgt die Verbindung um so schneller, je weniger ein fester Stoff im Verhältniſs zu einem liquiden oder ein gasförmiger Stoff im Verhältniſs zu einem festen oder liquiden beträgt, weil durch die vorherrschende Menge des liquiden die Cohäsion des festen und durch die vorherrschende Menge des festen oder liquiden die Elasticität des gasförmigen um so leichter überwunden wird, je mehr ferner die Cohäsion eines festen Stoffes durch Erwärmen oder die Elasticität eines gasförmigen durch Erkälten und äuſsern Druck verringert wird, und je mehr endlich die Berührungspuncte zwischen den zu verbindenden Stoffen vervielfacht werden, damit die chemische Wirkung sich an vielen Stellen zugleich äuſsern kann, je feiner daher ein fester Körper verkleinert wird, und je stärker man die Stoffe mit einander schüttelt oder reibt. Geht die Verbindung ohne äuſsere Bewegung vor sich, so kommt das specifische Gewicht der zu verbindenden Stoffe und die Lage derselben gegen einander in Betracht. Befindet sich z. B. ein Salz auf dem Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäſses, so erfordert die Auf-

1 S. Art. *Elektricität* Bd. III. S. 265.

Digitized by Google

lösung eine Zeit von Tagen und Wochen, weil die neue Verbindung specifisch schwerer als Wasser ist, sich über den noch nicht gelösten Theil des Salzes lagert und so die Berührung desselben mit dem übrigen Wasser hindert. Dasselbe Salz, in einem Netze oder Trichter im obern Theile des Wassers schwebend, löst sich in kurzer Zeit, weil die Verbindung, so wie sie entsteht, herabsinkt und neue Mengen von Wasser zum Salze treten läſst. Ebenso verhält es sich mit der Absorption gasförmiger Stoffe durch Wasser. Leitet man Ammoniakgas in ein Gefäſs über das Wasser, so verwandelt sich bloſs die obere Schicht desselben in wässeriges Ammoniak, welches, da es leichter als Wasser ist, eine Scheidewand zwischen dem Gase und dem unten befindlichen Wasser bildet. Dagegen erfolgt die Absorption äuſserst rasch, wenn man das Ammoniakgas mittelst einer Röhre auf den Boden des Gefäſses leitet, weil die sich bildende Verbindung in die Höhe steigt, so daſs immer wieder frisches Wasser mit dem eintretenden Ammoniakgas in Berührung kommt. Salzsaures Gas, auf die Oberfläche des Wassers geleitet, wird dagegen rasch absorbirt, weil die Verbindung schwerer ist, als Wasser, daher niedersinkt und frisches Wasser an die Oberfläche treten läſst.

b) *Bei verschiedenen Stoffen* ist wohl anzunehmen, daſs, je gröſser die Kraft ist, vermöge welcher sie sich zu vereinigen streben, oder die Affinität, um so rascher auch unter übrigens gleichen Umständen die Verbindung erfolgen werde. Allein da den verschiedenen Stoffen ein verschiedener Grad von Cohäsion zukommt, welche die Affinitätsäuſserung erschwert, so erleidet obiges Gesetz in der Erfahrung bedeutende Ausnahmen. So verbrennt der cohärentere Kohlenstoff langsamer, als der Schwefel, wiewohl seine Affinität zum Sauerstoff viel gröſser ist. Auch die Natur der sich bildenden Verbindung hat Einfluſs, weil sie um so weniger ausweicht, je weniger flüssig sie ist. Hierin liegt ohne Zweifel der Grund der schwierigen Verbindung des Zinks mit Schwefel; denn der Schmelzpunct des Schwefelzinks liegt weit über dem Siedpuncte des Schwefels, daher, sobald das Zink mit einer Kruste von Schwefelzink bedeckt ist, der übrige Schwefel unverbunden verdampft. Zwei tropfbare Flüssigkeiten mischen sich rasch beim Schütteln, sehr langsam in der Ruhe, wenn sie ein

Digitized by Google

verschiedenes specifisches Gewicht besitzen, wo sie sich über einander lagern. Am schnellsten erfolgt die Verbindung gasförmiger Stoffe wegen ihrer leichten Vertheilbarkeit durch einander. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas z. B. mengen sich gleichförmig, und leitet man nun in einem Puncte des Gemenges, z. B. durch einen elektrischen Funken, die Verbindung ein, so pflanzt sie sich fast augenblicklich durch das ganze Gasgemenge fort. Die Vereinigung erfolgt daher bei verschiedenen Stoffen um so rascher, je gröſser ihre Affinität, je geringer ihre Cohäsion, je leichter sie durch einander vertheilbar sind, je weniger sie im specifischen Gewicht differiren und je flüssiger die neue Verbindung ist.

C. Relative Menge, nach welcher sich die Stoffe vereinigen.

Mit der Betrachtung dieses wichtigen Gegenstandes beschäftigt sich die *Stöchiometrie*, *chemische Meſskunst*, *chemische Proportionenlehre* oder *Lehre von den chemischen Aequivalenten*.

Die wägbaren Stoffe haben ein Bestreben, sich nach bestimmten Verhältnissen zu vereinigen, welches sich um so deutlicher zeigt, je einfacher sie sind und je gröſser ihre wechselseitige Affinität ist. In Hinsicht der relativen Menge, wonach die Verbindung möglich ist, sind folgende Fälle zu unterscheiden.

1) Zwei Stoffe mischen sich nach jedem beliebigen Verhältnisse und bei keinem Verhältnisse zeigt die Verbindung ausgezeichnete Merkmale. Dieses kommt am häufigsten vor, wenn beide Stoffe tropfbar-flüssig sind, z. B. Wasser und Weingeist, Weingeist und Aether, Aether und flüchtige Oele.

2) Ein Stoff A kann zwar die gröſsten Mengen vom Stoff B aufnehmen, aber der Stoff B nimmt nichts mehr von A auf, sobald er mit einer bestimmten Menge desselben verbunden ist. So läſst sich ein Theil Leinöl mit 40, 100, 1000 und mehr Theilen absoluten Weingeists mischen, aber wenn ungefähr 30 Theile Weingeist einen Theil Oel aufgenommen haben, so bleibt alles übrige Oel ungelöst und liefert beim Schütteln ein milchiges Gemenge. Ebenso verhalten sich

Digitized by Google

flüchtige Oele gegen wasserhaltigen Weingeist. Es lassen sich ferner 10 Theile Kochsalz mit so viel Wasser, als man will, wenn es nur mehr als 27 Theile beträgt, zu einer klaren Auflösung mischen; fügt man dagegen zu 27 Theilen Wasser nach und nach Kochsalz, so lösen sich die ersten Antheile vollständig auf, sind aber 10 Theile Kochsalz vom Wasser aufgenommen, so bleibt alles übrige ungelöst. Man sagt dann, das Wasser ist mit Kochsalz *gesättigt*, es ist der *Sättigungspunct* oder *Saturationspunct* eingetreten, es ist eine *gesättigte* oder *saturirte* Auflösung erhalten worden. Ganz ähnlich verhalten sich Wasser, Weingeist, Aether u. s. w. gegen verschiedene Salze und andere feste Körper, so wie gegen Gasarten [1].

In den meisten dieser Fälle ist der Sättigungspunct nicht fest, sondern nach äuſsern Umständen veränderlich. Meistens lösen die tropfbaren Flüssigkeiten von den festen Körpern um so mehr, je höher die Temperatur ist, wohl durch Schwächung der der Affinität entgegenwirkenden Cohäsion, und sie nehmen um so mehr Gas auf, je niedriger die Temperatur und je stärker der äuſsere Druck ist, wodurch die Elasticität geschwächt wird. Doch zeigen sich einige Ausnahmen: 10 Theile Kochsalz brauchen zur Auflösung 27 Theile Wasser, welche Temperatur dieses auch besitze; der Kalk und einige Salze desselben lösen sich in heiſsem Wasser gerade minder reichlich, als in kaltem; die Löslichkeit des schwefelsauren Natrons in Wasser nimmt beim Erwärmen von 0 bis 33° in hohem Grade zu, nimmt aber dann mit höher steigender Temperatur wieder ab, so daſs aus dem bei 33° gesättigten Wasser beim Erhitzen sich ein Theil des gelösten Salzes wieder ausscheidet. Nicht bloſs die Temperatur, sondern auch der äuſsere Druck scheint auf den Sättigungspunct auch bei nicht gasförmigen Stoffen einzuflieſsen. Als Perkins [2] Weingeist mit mehr Bergamottenöl versetzte, als er aufzulösen vermochte, und dieses milchige Gemisch einem Drucke von 1100 Atmosphären aussetzte, wurde es durch Auflösung des übrigen Oels völlig klar. Es ist nicht angegeben, ob sich das Oel beim Aufheben dieses Drucks wieder ausschied.

---

1 Vergl. *Absorption*. Bd. I. S. 40.

2 S. Schweigger's Journ. Th. XXXIX. S. 361.

Digitized by Google

Beim Waſser und Aether zeigt ſich noch ſolgendes eigenthümliche Verhältniſs. Schüttelt man dieſelben zu gleichen Theilen zuſammen, ſo ſcheiden ſie ſich in der Ruhe in zwei Schichten ab; die untere iſt Waſser, mit $\frac{1}{10}$ Aether geſättigt, das mit jeder beliebigen Waſsermenge verſetzt werden kann; die obere iſt Aether, der eine kleine Menge Waſser gelöſt hat und mit Aether nach allen Verhältniſsen miſchbar iſt.

3) Zwei Stoffe ſättigen ſich wechſelſeitig, d. h. hat der Stoff A eine beſtimmte Menge vom Stoff B aufgenommen, ſo vermag er ſich nicht mit noch mehr B zu vereinigen, und ebenſo vermag B nur eine gewiſse Menge von A aufzunehmen und alles noch weiter zugefügte A bleibt unverbunden. So verhält es ſich überall, wo die Stoffe gröſsere Affinität gegen einander äuſsern. Die Sättigungspuncte ſind hier feſt, ändern ſich wenigſtens nicht durch geringe Verſchiedenheiten der Temperatur und des äuſsern Druckes. Hierbei zeigen ſich folgende Fälle.

a) Der Stoff A iſt bei demſelben Verhältniſse mit dem Stoff B geſättigt, wie B mit A, oder, mit andern Worten, die beiden Stoffe ſind nur nach einem einzigen Verhältniſse mit einander verbindbar. Bringt man z. B. zu 35,4 Gewichtstheilen Chlorgas 1 Theil Waſserſtoffgas, ſo vereinigen ſich beide beim Einwirken des Lichts oder der Hitze zu ſalzſaurem Gaſe; hält aber das Gemenge entweder mehr als 35,4 Chlor oder mehr als 1 Waſserſtoffgas, ſo bleibt nach der Bildung der Salzſäure das im Ueberſchuſs zugefügte Gas unverbunden, und bis jetzt wenigſtens iſt kein Mittel bekannt, eine Verbindung dieſer beiden Stoffe nach einem andern als dem angegebenen Verhältniſse zu erhalten.

b) Die beiden Stoffe haben zwei verſchiedene Sättigungspuncte, aber nach einem andern Verhältniſse, als nach den beiden, nach welchen die Sättigung erfolgt, iſt keine Verbindung möglich oder die zwei Stoffe ſind mit einander nur in zwei Verhältniſsen verbindbar. So nehmen 6 Theile Kohlenſtoff im Kohlenoxyd 8 und in der Kohlenſäure 16 Theile Sauerſtoff auf. Im Kohlenoxyd iſt der Sauerſtoff mit Kohlenſtoff geſättigt, denn dieſe Verbindung, mit mehr Kohlenſtoff zuſammengebracht, unter welchen Umſtänden es auch ſey, nimmt nicht mehr von ihm auf; andererſeits iſt in der Kohlenſäure der Kohlenſtoff mit Sauerſtoff geſättigt, ſie vermag nicht

Digitized by Google

noch mehr Kohlenstoff aufzunehmen. Es lassen sich ferner keine in der Mitte stehenden Verbindungen beider Stoffe erhalten, die z. B. auf 6 Kohlenstoff mehr als 8 und weniger als 16 Sauerstoff enthielten, und noch weniger findet ein allmäliger Uebergang von der Verbindung im Minimum des Sauerstoffes, dem Kohlenoxyd, zu der im Maximum, der Kohlensäure statt. Man kann allerdings Kohlenoxyd und kohlensaures Gas nach jedem beliebigen Verhältnisse zusammenbringen und so ein Gas erhalten, welches mehr Sauerstoff als ersteres, weniger als letzteres enthält, dieses ist aber bloſs als ein Gemenge beider Gase zu betrachten, nicht als eine in der Mitte stehende chemische Verbindung; denn jede Materie, die das freie kohlensaure Gas aufnimmt, wie Salzbasen, entzieht es auch diesem Gemenge und läſst reines Kohlenoxydgas zurück. Dasselbe Gemenge erhält man, wenn man kohlensaures Gas über eine kleine Menge glühenden Eisens leitet, während ein Ueberschuſs desselben der Kohlensäure die Hälfte ihres Sauerstoffes entzieht, so daſs gerade Kohlenoxyd zurückbleibt. Es bilden ferner 35,4 Chlor mit 101,4 Quecksilber den Quecksilbersublimat und mit 202,8 Quecksilber das Kalomel, und eine Verbindung, welche auf 35,4 Chlor mehr als 101,4 und weniger als 202,8 Quecksilber enthielte, würde als ein Gemenge von Sublimat und Kalomel zu betrachten seyn und ersteren an Wasser, Weingeist oder Aether, die ihn lösen, abtreten, während das darin unlösliche Kalomel zurückbliebe.

c) Zwischen den zwei verschiedenen Sättigungspuncten, nach welchen sich zwei Stoffe vereinigen, sind noch 1, 2 oder 3 andere Verbindungen möglich, oder zwei Stoffe sind nach 3, 4 oder 5 bestimmten Verhältnissen mit einander verbindbar. Auch hier findet kein allmäliger Uebergang von der Verbindung im Minimum zu der im Maximum statt, sondern ein sprungweiser von der einen charakterisirten Verbindung zur andern. So bildet der Phosphor, wenn man das noch problematische rothe Phosphoroxyd unbeachtet läſst, mit dem Sauerstoff drei Verbindungen: es bilden 31,4 Phosphor mit 8 Sauerstoff die unterphosphorige, mit 24 Sauerstoff die phosphorige und mit 40 die Phosphorsäure. Jede dieser Säuren bildet mit Salzbasen eigenthümliche Salze. Hätte man daher auch ein wässeriges Gemisch, in welchem 31,4 Phosphor mit

Digitized by Google

mehr als 8 und mit weniger als 24 Sauerstoff verbunden gefunden würde, so würde es, mit Barytwasser zusammengebracht, ein fast unlösliches Salz fallen lassen, welches Baryt in Verbindung mit phosphoriger Säure enthielte, und in der Flüssigkeit würde sich die Verbindung des Baryts mit unterphosphoriger Säure vorfinden. Ebenso ist die durch langsame Verbrennung des Phosphors entstandene syrupartige Flüssigkeit, die neben etwas Wasser auf 31,4 Phosphor mehr als 24 und weniger als 40 Sauerstoff enthält, als ein Gemisch von phosphoriger und Phosphorsäure zu betrachten; denn auſserdem, daſs sie keine ausgezeichneten Charaktere besitzt, liefert sie, mit Natron gesättigt und abgedampft, zweierlei Krystalle, von denen sich die eine Art wie phosphorigsaures, die andere wie phosphorsaures Natron verhält. Beim Schwefel sind 4 Verbindungen mit Sauerstoff bekannt: 16 Schwefel erzeugen mit 8 Sauerstoff die unterschweflige, mit 16 die schweflige, mit 20 die Unterschwefel- und mit 24 Sauerstoff die Schwefelsäure, und auch hier zeigt sich kein allmäliger Uebergang; denn wenn auch zwei dieser Säuren zugleich im Wasser gelöst seyn und somit eine scheinbare Zwischenstufe der Verbindung darstellen können, so lassen sie sich dadurch, daſs sie keinen eigenthümlichen Charakter besitzen, sondern nur die Charaktere der zwei Säuren, aus denen sie gemischt sind, und durch ihr Verhalten gegen Salzbasen leicht als ein solches loses Gemisch erweisen. Ferner bilden 14 Stickstoff mit 8 Sauerstoff das Stickoxydul, mit 16 das Stickoxyd, mit 24 die salpetrige, mit 32 die Untersalpeter- und mit 40 Sauerstoff die Salpetersäure. Diese 5 Verbindungen sind alle scharf charakterisirt. Ein Gas, welches auf 14 Stickstoff mehr als 8 und weniger als 16 Sauerstoff enthielte, würde sich als ein Gemenge von Stickoxydul und Stickoxydgas erweisen, welches letztere sowohl durch Schütteln mit Eisenvitriollösung entzogen, als auch durch behutsamen Zusatz von Sauerstoffgas bei Gegenwart von Wasser zu Salpetersäure verdichtet werden könnte, während das Stickoxydulgas unverändert zurückbliebe. Die salpetrige Säure und die Salpetersäure sind durch die eigenthümlichen Salze, die sie bilden, charakterisirt. Nur die Eigenthümlichkeit der Untersalpetersäure kann in Zweifel gezogen werden; denn sie liefert, mit Salzbasen zusammengebracht, keine besondern Salze, sondern ein Ge-

Digitized by Google

misch aus salpetrigsauren und salpetersauren Salzen, und wird daher zum Theil als eine lose Verbindung von salpetriger und Salpetersäure betrachtet, ebenso wie die durch langsames Verbrennen des Phosphors entstandene Säure nach Obigem als ein in Wasser gelöstes Gemisch von phosphoriger und Phosphorsäure angesehn wird. Allein folgende Umstände sprechen für die Eigenthümlichkeit der Untersalpetersäure. Die salpetrige Säure ist blau, die Salpetersäure, wenigstens im wasserhaltenden Zustande, farblos, die Untersalpetersäure pomeranzengelb. Nach welchem Verhältnisse ferner auch das Stickoxydgas mit Sauerstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur und Abwesenheit von Wasser zusammengebracht wird, so entsteht immer der gelbrothe Dampf der Untersalpetersäure und der etwa vorhandene Ueberschuſs von Stickoxydgas oder Sauerstoffgas bleibt unverbunden. Auch bei Ueberschuſs von Stickoxydgas entsteht keine salpetrige Säure. Obiges Gemisch aus phosphoriger und Phosphorsäure existirt ferner nur in der wässerigen Lösung, die Untersalpetersäure dagegen ganz für sich. Endlich ist die Leichtigkeit zu beachten, mit welcher sich je nach äuſsern Umständen der Sauerstoff ungleich über den Stickstoff vertheilt; ohne Zweifel, weil die Affinität der Salzbasen zur Salpetersäure, als der stärkern, gröſser ist, als zur Untersalpetersäure, wird der Sauerstoff beim Einwirken der Salzbasen auf die Untersalpetersäure veranlaſst, sich ungleich zu vertheilen und somit Salpetersäure und salpetrige Säure zu bilden. In mehreren andern Fällen kann man zwischen zwei bestimmt charakterisirten Verbindungen liegende Verbindungen als lose Gemische der erstern betrachten. Erhitzt man 103,8 Blei an der Luft unter Umrühren bis zum Schmelzen, so lange es an Gewicht zunimmt, so zieht es allmälig 8 Sauerstoff aus der Luft an und wird zu gelbem Bleioxyd; dieses wird, bei sehr dunkler Glühhitze längere Zeit der Luft dargeboten, unter Aufnahme von noch $2\frac{2}{3}$ Sauerstoff zu rothem Bleioxyd; behandelt man dieses mit verdünnter Salpetersäure, so nimmt diese daraus gelbes Bleioxyd auf und läſst das braune Bleioxyd ungelöst, in welchem 103,8 Blei mit 16 Sauerstoff verbunden sind. Man kann hiernach das rothe Oxyd betrachten entweder als eine unmittelbare Verbindung von 103,8 Blei mit $10\frac{2}{3}$ Sauerstoff, oder mit gröſserer Wahrscheinlichkeit als eine Verbindung zweiter Ordnung, nämlich des

Digitized by Google

gelben Bleioxyds mit dem braunen, in dem Verhältnisse, daſs das darin enthaltene gelbe Oxyd ebenso viel Sauerstoff enthält, wie das darin enthaltene braune; denn (207,6 Blei + 16 Sauerstoff) + (103,8 Blei + 16 Sauerstoff) = (311,4 Blei + 32 Sauerstoff), und dieses mit 3 dividirt giebt 103,8 Blei auf $10\frac{2}{3}$ Sauerstoff oder die Zusammensetzung des rothen Oxyds. Aehnlich verhält es sich mit den Oxyden des Eisens. 27,2 Eisen bilden mit 8 Sauerstoff das Eisenoxydul und mit 12 das Eisenoxyd; zwischen diesen beiden Sättigungspuncten liegt vorzüglich der durch seine Krystallisation als eigenthümlich ausgezeichnete Magneteisenstein, welcher auf 27,2 Eisen $10\frac{2}{3}$ oder auf 3.27,2 Eisen 4.8 Sauerstoff enthält. Wird sein feines Pulver mit einer unzureichenden Menge von Salzsäure behandelt, welche eine viel gröſsere Affinität zum Eisenoxydul, als zum Eisenoxyd hat, so zieht sie ersteres aus und läſst letzteres als rothes Pulver zurück. Hiernach ist der Magneteisenstein mit Wahrscheinlichkeit als eine lose Verbindung von Eisenoxydul und Eisenoxyd in dem Verhältniſs zu betrachten, daſs letzteres 3mal so viel Sauerstoff enthält, als ersteres, denn (27,2 Eisen + 8 Sauerstoff) + (54,4 Eisen + 24 Sauerstoff) = (81,6 Eisen + 32 Sauerstoff), was mit 3 dividirt 27,2 Eisen auf $10\frac{2}{3}$ Sauerstoff oder die Zusammensetzung des Magneteisensteins giebt.

Wie man aber auch dergleichen intermediäre Verbindungen betrachten möge, ob als Verbindungen der ersten oder der zweiten Ordnung, so steht so viel fest, daſs der Uebergang von dem einen Sättigungspunct zum andern kein allmäliger ist, sondern ein sprungweiser, so daſs entweder gar keine Verbindung zwischen ihnen liegt, oder nur einige wenige, bestimmt charakterisirte.

Bei den unter 3, a, b und c betrachteten innigen, nach einem festen Verhältnisse statt findenden oder proportionirten Verbindungen, welche vorzugsweise in das Gebiet der Stöchiometrie gehören, sind folgende zwei wichtige Gesetze aufgefunden worden, welche vor der Hand bloſs in Bezug auf die Verbindungen der einfachen Stoffe betrachtet werden sollen.

Erstes Gesetz, für dieselben zwei Stoffe.

Wenn sich A mit B nach verschiedenen Verhältnissen vereinigt, so hat man die geringste Menge von B, welche eine

Digitized by Google

bestimmte Menge von A aufzunehmen vermag, zu multipliciren entweder mit 1⅓, oder mit 1½, oder mit 2, oder mit 2½, oder mit 3, 4, 5 oder einer andern ganzen Zahl, um die übrigen Mengen von B zu finden, welche etwa mit jener bestimmten Menge von A vereinbar sind. – Um bei den angeführten Beispielen zu bleiben, so nehmen 6 Kohlenstoff 8 und 16 Sauerstoff auf (= 1:2), 31,4 Phosphor 8, 24 und 40 Sauerstoff (= 1:3:5), 14 Stickstoff 8, 16, 24, 32 und 40 Sauerstoff (= 1:2:3:4:5). So verbinden sich 27,2 Eisen mit 8, mit 10⅔ und mit 12 Sauerstoff (= 1:1⅓:1½), 103,8 Blei mit 8, mit 10⅔ und mit 16 Sauerstoff (= 1:1⅓:2).

Durch dieses von Berzelius entdeckte Gesetz wird der Versuch der Controle durch die Berechnung fähig; hätte man z. B. durch den Versuch gefunden, daſs 6 Kohlenstoff im Kohlenoxyd mit 8 und in der Kohlensäure mit 15,5 Sauerstoff verbunden sind, so würde man, weil durch die Multiplication von 8 mit 1⅓, 1½ u. s. w. nicht die Zahl 15,5 erhalten werden kann, annehmen dürfen, daſs der Versuch entweder die Zusammensetzung des Kohlenoxyds oder der Kohlensäure oder beide nicht ganz richtig angegeben habe.

Zweites Gesetz, für verschiedene Stoffe.

Aus dem Verhältniſs, nach welchem sich A einerseits mit B, andrerseits mit C verbindet, läſst sich das Verhältniſs berechnen, nach welchem eine Verbindung zwischen B und C möglich ist. Ergiebt z. B. der Versuch, daſs sich 1 Theil A verbindet mit 3 Theilen B und wieder mit 8 Theilen C, so muſs sich B und C entweder in dem Verhältnisse von 3 B mit 8 C verbinden, oder in einem solchen, wo entweder die 3 B mit einer der folgenden Zahlen multiplicirt sind: 1⅓, 1½, 2, 2½, 3, 4, 5 u. s. w., oder die 8 C mit einer derselben, oder auch einerseits die 3 B, andrerseits die 8 C mit einer derselben, die bei beiden eine verschiedene seyn kann. Wie mit diesen 3 Stoffen, so verhält es sich mit allen übrigen, und wenn daher 1 A sich verbindbar zeigt mit 3 B, 8 C, 10 D, 12 E u. s. w., so wird sich B mit C, D oder E verbinden, entweder in dem Verhältnisse von 3:8, von 3:10, von 3:12, oder eine dieser Zahlen, oder auch jede derselben, muſs mit einer Zahl aus obiger Zahlenreihe multiplicirt werden, um das Verhältniſs zu finden.

Digitized by Google

Ein Beispiel möge dieses Gesetz erläutern: 16 Schwefel verbinden sich mit 103,4 Blei zu Schwefelblei, mit 24 Sauerstoff zu Schwefelsäure, mit 1 Wasserstoff zu Hydrothionsäure, mit 3 Kohlenstoff zu Schwefelkohlenstoff, mit 13,6 Eisen zu Schwefeleisen, wie es als Schwefelkies vorkommt. Hieraus ergeben sich bei den Verbindungen von Blei, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Eisen unter einander folgende Verhältnisse. Im gelben Bleioxyd kommen nach der Erfahrung auf 103,4 Blei 8 Sauerstoff; es sind daher die 103,4 Blei mit 3 zu multipliciren, um das richtige Verhältniſs zu erhalten (3.103,8:24 = 103,8:8). Der Sauerstoff verbindet sich mit dem Wasserstoff zu Wasser in dem Verhältniſs von 8:1; also auch die 1 des Wasserstoffes ist mit 3 zu multipliciren (24:3.1 = 8:1). Das Kohlenoxyd hält 8 Sauerstoff auf 6 Kohlenstoff; dieses macht auf 24 Sauerstoff 18 Kohlenstoff, daher obige 3 des Kohlenstoffes mit 6 zu multipliciren sind. Die Kohlensäure hält auf 16 Sauerstoff 6 Kohlenstoff, also auf 24 Sauerstoff 9 Kohlenstoff, daher hier die 3 des Kohlenstoffes zu verdreifachen sind. Im Eisenoxydul sind 8 Sauerstoff mit 27,2 Eisen verbunden, welches auf 24 Sauerstoff 3.27,2 Eisen oder 6.13,6 macht. Im Eisenoxyd kommen 12 Sauerstoff auf 27,2 oder 24 auf 2.27,2 Eisen, daher die obige Zahl des Eisens = 13,6 hier mit 4 vermehrt werden muſs. Im Magneteisenstein kommen $10\frac{2}{3}$ Sauerstoff auf 27,2 Eisen, also 24 Sauerstoff auf 61,2 oder 48 Sauerstoff auf 122,4 Eisen. Hier sind also die 24 des Sauerstoffes mit 2 und die 13,6 Eisen mit 9 zu vermehren, um diese Zahlen zu erhalten. Bei diesem Beispiele ist willkürlich vom Schwefel als dem Stoffe A ausgegangen worden, ebenso kann man aber jeden andern Stoff zum Ausgangspunct nehmen.

Aus diesen beiden Gesetzen ergiebt es sich, daſs jedem Elemente ein bestimmtes relatives Gewicht zukommt, nach welchem es sich mit den bestimmten relativen Gewichten der übrigen Elemente vereinigt, nur daſs in vielen Fällen dieses relative Gewicht mit einer Zahl aus der öfters mitgetheilten Zahlenreihe multiplicirt werden muſs. Dieses bestimmte relative Gewicht der Stoffe heiſst bei denjenigen, welche die atomistische Ansicht vorziehn, das *Atomgewicht*, bei denjenigen, welche diese Ansicht noch nicht für hinreichend begründet halten oder verwerfen, das *Mischungsgewicht*, das *chemische Gewicht*, das *chemische Aequivalent*, das *Gewichts-*

verhältniſs, das *stöchiometrische Verhältniſs* oder die *stöchiometrische Zahl.*

Wie es sich aber auch mit der Richtigkeit der atomistischen Hypothese verhalten möge, so gewährt sie jedenfalls sowohl die deutlichste Einsicht in diese beiden Gesetze, als auch die genügendste ursachliche Erklärung. Man nimmt nämlich hierbei an, das Gewicht und die Gröſse der Atome eines und desselben Elementes seyen genau dieselben, während sie bei den Atomen verschiedener Elemente verschieden groſs seyn können. Ferner nimmt man an, daſs bei der chemischen Verbindung die heterogenen Atome sich unmittelbar an einander lagern und so zusammengesetzte Atome bilden, welche, zu einer Masse zusammengehäuft, die neue Verbindung constituiren. Endlich, daſs die Atome Neigung haben, sich nach einfachen Zahlenverhältnissen zu vereinigen. Z. B. 1 Atom A mit 1, 2, 3 oder mehreren Atomen B, 2 Atome A mit 3 oder 5 Atomen B und 3 Atome A mit 4 Atomen B. (In den meist unter Mitwirkung der Lebenskraft erzeugten organischen Verbindungen kommen allerdings noch viel complicirtere Verhältnisse vor.)

Wenden wir diese atomistische Ansicht auf die zur Erläuterung des ersten Gesetzes gegebenen Beispiele an, so läſst sich annehmen, daſs, wenn das Gewicht eines Atomes Kohlenstoff = 6 gesetzt wird, das des Sauerstoffatoms 8 beträgt, und da im Kohlenoxyd 6 Theile Kohlenstoff auf 8, in der Kohlensäure auf 16 Theile Sauerstoff kommen, so wäre das Kohlenoxyd als eine Verbindung von je 1 Atom Kohlenstoff mit je 1 Atom Sauerstoff und die Kohlensäure als eine Verbindung von je 1 Atom Kohlenstoff mit je 2 Atomen Sauerstoff zu betrachten. Wird das Atomgewicht des Sauerstoffes hiernach = 8 angenommen, so könnte man das des Eisens zu 27,2 setzen und sagen, das Eisenoxydul (8 Sauerstoff auf 27,2 Eisen) halte von jedem Element 1 Atom, das Eisenoxyd (12 Sauerstoff auf 27,2 Eisen, oder 24 auf 54,4) halte 3 Atome Sauerstoff auf 2 Atome Eisen und der Magneteisenstein ($10\frac{2}{3}$ Sauerstoff auf 27,2 Eisen oder 32 auf 81,6) halte 4 Atome Sauerstoff auf 3 Eisen. Ebenso wäre 1 Atom Blei = 103,8 im gelben Bleioxyd mit 1, im braunen mit 2 Atomen Sauerstoff verbunden, und im rothen kämen wieder 4 Atome Sauerstoff auf 3 Atome Blei. Endlich wäre 1 Atom Stickstoff mit 1, 2, 3, 4 und 5

Digitized by Google

Atomen Sauerstoff verbindbar. Somit erklärt es sich, warum man die kleinste Menge von B nur mit einfachen Zahlen zu vermehren braucht, um die übrigen Verhältnisse zu finden; 1 Atom A nimmt bald 1, bald 2 oder mehr Atome von B auf, und so ist nur Vermehrung mit ganzen Zahlen nöthig, oder 2 Atome A nehmen bald 3, bald 5 Atome B auf, daher Multiplication mit $1\frac{1}{2}$ und mit $2\frac{1}{2}$, oder 3 Atome A verbinden sich mit 4 B, daher Multiplication mit $1\frac{1}{3}$.

Bei Anwendung dieser atomistischen Ansicht auf das zweite Gesetz ergiebt sich Folgendes. Wenn die Erfahrung zeigt, daſs sich 1 Theil A mit 3 Theilen B und mit 8 Theilen C verbindet, so verhält sich unter der Voraussetzung, daſs in diesen Verbindungen 1 Atom A mit 1 Atom B oder mit 1 Atom C zusammentritt, das Atomgewicht von A zu B zu C = 1 : 3 : 8. Da jedoch in diesen Verbindungen auch 1 Atom A mit 2, 3, 4 oder mehr B oder C vereinigt seyn kann, oder 2 Atome A mit 3 oder 5 Atomen B oder C, oder 3 Atome A mit 4 Atomen B oder C, oder auch umgekehrt 1 Atom B oder C mit 2, 3 und mehr Atomen A u. s. w., und da endlich auch B und C nicht immer gerade nach einer gleichen Anzahl der Atome mit einander verbindbar sind, sondern nach einem der übrigen angegebenen Verhältnisse, so wird es oft nöthig, die 3 Theile B, oder die 8 Theile C, oder auch beide mit einer der in der öfters mitgetheilten Reihe enthaltenen Zahlen zu multipliciren, um das Gewichtsverhältniſs zu erhalten, nach welchem sich B mit C vereinigt.

Von dem *absoluten* Gewicht der Atome, welches auf jeden Fall äuſserst klein ist, kann man nichts wissen. Bloſs das Gewichtsverhältniſs der Atome der verschiedenen Stoffe zu einander läſst sich aus dem Gewichtsverhältnisse, nach welchem sich die Stoffe vereinigen, mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen. Dieses *relative Atomgewicht* läſst sich auffinden, indem man willkürlich dem Atomgewicht irgend eines Stoffes eine bestimmte Zahl ertheilt, untersucht, nach welchen Gewichtsverhältnissen sich dieser mit den übrigen Stoffen vereinigt, und hiernach die relativen Atomgewichte dieser berechnet.

Hierbei sind die Chemiker von zwei verschiedenen Puncten ausgegangen. Da die Erfahrung zeigt, daſs das Atomgewicht

Digitized by Google

des Waſſerſtoffes von allen das kleinſte iſt, ſo haben Viele dieſes = 1 geſetzt und hiernach die Atomgewichte der übrigen Stoffe berechnet. Da andererſeits kein Stoff ſo viele Verbindungen eingeht, wie der Sauerſtoff, ſo zieht es Berzelius mit der Mehrzahl der Chemiker vor, das Atomgewicht des Sauerſtoffes = 100 anzunehmen. Für die erſtere Beſtimmungsweiſe ſpricht, daſs die Zahlen, durch welche die Atomgewichte der übrigen Stoffe ausgedrückt werden, um mehr als eine Decimale kleiner ausfallen, da z. B. der Sauerſtoff ſtatt der Zahl 100 die Zahl 8 erhält, und deshalb leichter im Gedächtniſs behalten und leichter der Berechnung unterworfen werden können, wie ſich dieſes aus der Vergleichung der Columnen E und F der folgenden Tabelle der Atomgewichte ergiebt. Zu Gunſten der zweiten Weiſe wird zwar angeführt, daſs der Sauerſtoff in die meiſten Verbindungen eingehe und daher deren Berechnung erleichtert werde, wenn er darin durch ſo runde Zahlen, wie 100, 200, 300, 400, 500 u. ſ. w., ausgedrückt wird. Allein die Zahlen 8, 16, 24, 32, 40 u. ſ. w. ſind ſchneller zu ſchreiben und erſchweren die Addition nicht merklich. Andererſeits iſt zu beachten, daſs der Waſſerſtoff in faſt allen organiſchen Verbindungen und auch in ſehr vielen unorganiſchen, zum Theil als Waſſer, enthalten iſt, und daſs es hier in der Bequemlichkeit der Berechnung einen groſsen Unterſchied ausmacht, ob er durch 1 oder durch 12,50 ausgedrückt wird. Uebrigens iſt es in wiſſenſchaftlicher Beziehung ganz gleichgültig, von welchem Puncte man ausgeht.

Folgende Beiſpiele mögen zeigen, wie es gelingen konnte, allmälig die Atomgewichte ſämmtlicher Stoffe mit einiger Wahrſcheinlichkeit feſtzuſetzen; es werde hierbei vor der Hand willkürlich angenommen, das Atomgewicht des Waſſerſtoffes betrage 1. Man findet durch den Verſuch 100 Theile Waſſer aus 11,111 Theilen Waſſerſtoff und 88,889 Theilen Sauerſtoff zuſammengeſetzt. Nimmt man nun als das Wahrſcheinlichere an, im Waſſer ſey je 1 Atom Waſſerſtoff mit 1 Atom Sauerſtoff vereinigt, ſo muſs ſich das Gewicht eines Atoms Waſſerſtoff zu dem eines Atoms Sauerſtoffs verhalten = 11,111 : 88,889 oder = 1 : 8. Wenn z. B. 100 Gran Waſſer x Atome Waſſerſtoff enthalten und, nach der Vorausſetzung, daſs im Waſſer je 1 Atom Waſſerſtoff mit 1 Atom

Sauerstoff vereinigt ist, auch x Atome Sauerstoff, so wiegen die x Atome Wasserstoff 11,111 Gran, die x Atome Sauerstoff 88,889 Gran, und wenn sich also das Gewicht von x Atomen Wasserstoff zu dem von x Atomen Sauerstoff wie 11,111 : 88,889 verhält, so muſs sich auch das Gewicht von 1 Atom Wasserstoff zu dem von 1 Atom Sauerstoff wie 11,111 : 88,889 oder wie 1 : 8 verhalten. Ferner enthalten 100 Gran Hydrothionsäure 5,9 Gran Wasserstoff gegen 94,1 Gran Schwefel. Setzt man auch hier als das Wahrscheinlichste voraus, in dieser Verbindung sey 1 Atom Wasserstoff mit 1 Atom Schwefel vereinigt, so ergiebt sich das Verhältniſs 5,9 : 94,1 = 1 : 16 oder das Atomgewicht des Schwefels ist = 16, das des Wasserstoffes = 1 gesetzt. Man kann ferner des Verhalten des Schwefels gegen den Sauerstoff prüfen: 100 Gran schweflige Säure halten 50 Gran Schwefel und 50 Gran Sauerstoff. Es verhält sich 50 : 50 = 16 : 16, und da früher aus der Zusammensetzung des Wassers das Gewicht eines Atoms Sauerstoff zu 8 gefunden worden war, so kann man folgern, daſs in der schwefligen Säure 1 Atom Schwefel mit 2 Atomen Sauerstoff verbunden ist. Ferner halten 100 Gran Schwefelsäure 40 Gran Schwefel und 60 Gran Sauerstoff, also 16 Schwefel auf 24 Sauerstoff, und da 24 = 3 . 8 ist, so betrachtet man hiernach die Schwefelsäure als eine Verbindung von 1 Atom Schwefel mit 3 Atomen Sauerstoff. Das Atomgewicht des Kohlenstoffs läſst sich aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoff berechnen. Da das Kohlenoxyd 6 Theile Kohlenstoff auf 8 Sauerstoff, und die Kohlensäure 6 auf 16 enthält, so setzt man das Atom Kohlenstoff auf 6 und nimmt es im Kohlenoxyd mit 1, in der Kohlensäure mit 2 Atomen Sauerstoff verbunden an. Im ölerzeugenden Gas kommen auf 6 Theile Kohlenstoff 1 Theil, im Kohlenwasserstoffgas 2 Theile Wasserstoff, also Verbindungen von 1 Atom Kohlenstoff mit 1 und 2 Atomen Wasserstoff. Der Schwefelkohlenstoff enthält 6 Theile Kohlenstoff und 32 Theile Schwefel, also auf 1 Atom Kohlenstoff 2 Atome Schwefel. Desgleichen wird das Atomgewicht des Stickstoffes zu 14 gesetzt, weil sich 14 Theile Stickstoff mit 8, 16, 24, 32 oder 40 Theilen Sauerstoff vereinigen, also 1 Atom Stickstoff mit 1, 2, 3, 4 oder 5 Atomen Sauerstoff; im Ammoniak sind 14 Theile Stickstoff mit 3 Wasserstoff verbunden, also 1 Atom Stickstoff mit 3 Atomen Wasserstoff; im Cyan finden sich 14

Digitized by Google

Stickstoff mit 12 Kohlenstoff, also 1 Atom mit 2 Atomen vereinigt. Da im gelben Bleioxyd 103,8 Blei mit 8 Sauerstoff verbunden sind, so kann man das Atomgewicht des Bleis = 103,8 setzen; diesem entsprechend findet sich der Bleiglanz aus 103,8 Blei und 16 Schwefel zusammengesetzt, also auch wieder nach gleicher Zahl der Atome. So wären, das Atomgewicht des Wasserstoffes = 1 gesetzt, folgende Atomgewichte gefunden: Sauerstoff = 8, Schwefel = 16, Kohlenstoff = 6, Stickstoff = 14, Blei = 103,8, und ganz auf ähnliche Weise findet man die Atomgewichte der übrigen Elemente. Diese Zahlen ändern sich folgermaſsen ab, wenn man, statt das Atomgewicht des Wasserstoffes = 1 anzunehmen, das des Sauerstoffes = 100 festsetzt. Es ist 8 : 1 = 100 : 12,5, d. h. während vorher das Atomgewicht des Sauerstoffes 8 und das des Wasserstoffes 1 war, ist jetzt das des Sauerstoffs 100 und das des Wasserstoffs wird 12,5. Ebenso erhält man das Atomgewicht des Schwefels (8 : 16 = 100 : x) = 200, das des Kohlenstoffs (8 : 6 = 100 : x) = 75, das des Stickstoffs (8 : 14 = 100 : x) = 175 und das des Bleis (8 : 103,8 = 100 : x) = 1297,5. Kurz man hat die Atomgewichte, die nach der Annahme gefunden sind, das Atom Wasserstoff wiege 1, mit 100 zu multipliciren und mit 8 zu dividiren, um die Atomgewichte zu erhalten, bei denen das Atom Sauerstoff = 100 gesetzt ist, und umgekehrt hat man, um letztere Atomgewichte auf erstere zu reduciren, dieselben mit 8 zu multipliciren und mit 100 zu dividiren. So verschieden groſs auch diese Atomgewichte ausfallen, je nachdem vom Wasserstoff oder Sauerstoff ausgegangen wird, so bleibt natürlich das Zahlenverhältniſs immer dasselbe und die Verschiedenheit der Atomgewichte ist nur eine scheinbare.

Die hier beleuchtete verschiedene Fixirung des Punctes, von welchem man bei der Bestimmung des relativen Atomgewichtes ausgeht, ist übrigens nicht die einzige Ursache, warum in den verschiedenen chemischen Werken die Atomgewichte verschieden groſse Zahlen erhalten haben. Noch ein anderer viel miſslicherer Umstand führt eine Abweichung in diesen Zahlen herbei. So wie nämlich die ganze atomistische Ansicht nur als eine wahrscheinliche Hypothese betrachtet werden kann, so beruht auch die Ansicht von einer bestimmten relativen Atomzahl in einer Verbindung nur auf Wahrschein-

lichkeitsgründen. Man kann nicht beweisen, daſs im Wasser je 1 Atom Wasserstoff mit 1 Sauerstoff, in der Hydrothionsäure je 1 Atom Wasserstoff mit 1 Schwefel, in der schwefligen Säure je 1 Atom Schwefel mit 2 Sauerstoff, im gelben Bleioxyd je 1 Atom Blei mit 1 Sauerstoff verbunden ist. Es lassen sich über die relative Atomzahl in diesen Verbindungen noch andere Annahmen machen und durch Wahrscheinlichkeitsgründe unterstützen, wodurch dann das Atomgewicht bedeutend abgeändert wird. Hier ist vor allen Dingen das Wasser ins Auge zu fassen, um dessen Zusammensetzung sich der Streit vorzüglich dreht. Oben wurde als wahrscheinlich angenommen, in demselben sey je 1 Atom Wasserstoff mit 1 Atom Sauerstoff vereinigt; die meisten Chemiker nehmen dagegen mit Berzelius an, es enthalte je 2 Atome Wasserstoff auf 1 Atom Sauerstoff. Alsdann ist 1 Atom Sauerstoff nicht 8, sondern 16 Mal so schwer, als 1 Atom Wasserstoff, und, das Atomgewicht des Wasserstoffes = 1 gesetzt, ist dann das des Sauerstoffes = 16, wird aber das Atomgewicht des Sauerstoffes = 100 gesetzt, so ist das des Wasserstoffes = 6,25. Denn 1 Atom Sauerstoff = 16 verbindet sich mit 2 Atomen Wasserstoff = 2.1 = 2, oder 1 Atom Sauerstoff = 100 verbindet sich mit 2 Atomen Wasserstoff = 2.6,25 = 12,5. Zu Gunsten dieser Ansicht wird vorzüglich folgender Grund angeführt. Berzelius stellt das Gesetz auf, daſs einfache Stoffe im gasförmigen Zustande bei gleichem Volumen eine gleiche Zahl von Atomen enthalten. Wenn ein Kubikzoll Wasserstoffgas x Atome Wasserstoff enthält, so enthält 1 Kubikzoll Sauerstoffgas, Stickgas oder Chlorgas ebenfalls x Atome Sauerstoff, Stickstoff oder Chlor. Hiernach verhalten sich die Atomgewichte dieser Stoffe, wie die specifischen Gewichte ihrer Gase, denn dasselbe Gewichtsverhältniſs, das zwischen x Atomen von zwei verschiedenen gasförmigen Stoffen statt findet, muſs auch bei einem Atom derselben gegeben seyn. Setzt man nun das specifische Gewicht des Wasserstoffgases = 1, so ist das des Sauerstoffgases = 16, des Stickgases = 14, des Chlorgases = 35,4. Um Wasser zu bilden, vereinigen sich 2 Maſse Wasserstoffgas mit 1 Maſs Sauerstoffgas; dieses ist das Gewichtsverhältniſs von 2:16 oder von 1:8, und hierbei treten je 2 Atome Wasserstoff, wie sie in 2 Maſs Wasserstoffgas enthalten sind, mit je 1 Atom Sauerstoff des einen Maſses

Digitized by Google

Sauerstoffgas zusammen. Nach dieser Ansicht verhält sich daher das Atomgewicht des Sauerstoffes zu dem des Wasserstoffes, Stickstoffes und Chlors = 16 : 1 : 14 : 35,4 oder = 100 : 6,25 : 87,5 : 221,25. Kurz das Atomgewicht des Sauerstoffs fällt hier in Vergleich mit den übrigen hier genannten Stoffen noch einmal so groſs aus, als bei der frühern Annahme. Das Gesetz, daſs gleiche Maſse verschiedener einfacher Gase gleich viele Atome enthalten, ist zwar durch die Erfahrung nicht erwiesen, sondern nur wegen seiner Einfachheit als wahrscheinlich angenommen. Es erhält jedoch eine Stütze durch das über die Wärmecapacität dieser Gase aufgefundene Gesetz. Nach diesem hat jedes Gas bei gleichem Volumen eine gleiche Wärmecapacität, d. h. ein Maſs irgend eines einfachen Gases braucht, um von einer bestimmten Temperatur auf eine bestimmte höhere gebracht zu werden, gleich viel Wärme, wie ein gleiches Maſs irgend eines andern. Hiernach erscheint die Annahme sehr einleuchtend, daſs jedes Atom eines einfachen Stoffes, es sey groſs oder klein, um gleich stark erwärmt zu werden, gleich viel Wärme nöthig habe, und daſs also gleiche Maſse verschiedener Gase deshalb gleiche Capacität besitzen, weil sie eine gleiche Zahl von Atomen enthalten. So ist nach Delaroche und Bérard die specifische Wärme (d. h. die Wärmecapacität bei gleichem Gewichte), die des Wassers = 1,0000 gesetzt, beim Sauerstoffgase 0,2361 und beim Wasserstoffgase 3,2936; da aber ersteres 16 Mal so schwer ist, als letzteres, also bei gleichem Gewichte ein 16 Mal geringeres Volumen hat, so hat man die specifische Wärme des Sauerstoffgases mit 16 zu multipliciren, um die Wärmecapacität des Sauerstoffgases bei gleichem Volumen oder die relative Wärme zu erhalten. Man erhält 16 . 0,2361 = 3,7776, welche Zahl der für das Wasserstoffgas gefundenen von 3,2936 erträglich nahe kommt, wenn man die Schwierigkeit, die Wärmecapacität der Gase genau zu bestimmen, berücksichtigt. Ebenso giebt die gefundene specifische Wärme des Stickgases = 0,2754, mit 14 multiplicirt, da es 14 Mal schwerer als Wasserstoffgas ist, 3,8556.

Auch haben Dulong und Petit durch möglichst genaue Bestimmung der specifischen Wärme des Schwefels und mehrerer Metalle zu beweisen gesucht, daſs die Wärmecapacität auch der festen einfachen Stoffe bei gleicher Atomzahl dieselbe

ist, oder daſs das Atomgewicht und die specifische Wärme der Stoffe in einem umgekehrten Verhältniſs zu einander stehn, wobei sie jedoch schon auf einige Ausnahmen gestoſsen sind. Ihre Bestimmungen finden sich in der folgenden Tabelle; jedoch sind in dieselbe zugleich die Bestimmungen der specifischen Wärme anderer einfacher Stoffe aufgenommen worden, weil nur durch einen möglichst vollständigen Ueberblick die Richtigkeit dieses Gesetzes ermittelt werden kann. In der letzten Columne findet sich das durch Multiplication des Atomgewichtes eines Stoffes mit seiner specifischen Wärme erhaltene Product, welches die Wärmecapacität bei gleicher Atomzahl angiebt. Denn, wenn z. B. das Atomgewicht des Wasserstoffs 1, das des Schwefels 16, das des Tellurs 32 beträgt, so enthält 1 ℔ Schwefel $\frac{1}{16}$ und 1 ℔ Tellur nur $\frac{1}{32}$ so viel Atome, als 1 ℔ Wasserstoff; man muſs daher die specifische Wärme des Schwefels mit 16, die des Tellurs mit 32 multipliciren, um die Wärmecapacität dieser Stoffe bei gleicher Atomzahl zu erhalten.

Stoffe	Atom-gewicht	Specifische Wärme	Product	Specifische Wärme bestimmt durch
Kohle	6	0,2631	1,5786	Crawford
Sauerstoffgas	8	0,2361	1,8888	Delaroche und Bérard
Gold	66,4	0,0298	1,9787	Dulong u. Petit
Wismuth . .	71	0,0288	2,0448	Dulong u. Petit
Wasserstoffgas	1	3,2936	3,2936	Delaroche und Bérard
Stickgas . . .	14	0,2754	3,8556	— —
Schwefel . . .	16	0,1880	3,0080	Dulong u. Petit
Tellur	32	0,0912	2,9184	— —
Zink	32,2	0,0927	2,9849	— —
Zinn	59	0,0515	3,0385	— —
Blei	103,8	0,0293	3,0413	— —
Eisen	27,2	0,1100	2,9920	— —
Nickel	29,6	0,1035	3,0636	— —
Kupfer	31,8	0,0949	3,0178	— —
Quecksilber .	101,4	0,0330	3,3462	Kirwan
Platin	98,7	0,0314	3,0992	Dulong u. Petit
Kobalt	29,6	0,1498	4,4341	— —
Arsenik . . .	75,2	0,0810	6,0912	Nach Graham
Silber	108,2	0,0557	6,0267	Dulong u. Petit
Antimon . . .	129	0,0470	6,0630	Neumann
Phosphor . . .	31,4	0,3850	12,0890	Nach Graham
Iod	126	0,0890	11,2140	Nach Graham

Digitized by Google

Bei Ueberſicht dieſer Tabelle findet es ſich, daſs das Product bei den meiſten Stoffen ungefähr 3,000 beträgt und daſs alſo dieſe bei gleicher Atomzahl dieſelbe Wärmecapacität beſitzen. Dieſes Product möge das *normale* heiſsen. Auch das Waſſerſtoffgas und Stickgas möchten hierher zu rechnen ſeyn; denn daſs ihre Capacität etwas gröſser erſcheint, erklärt ſich theils aus der ſchwierigen Beſtimmung der ſpecifiſchen Wärme der Gaſe, theils daraus, daſs ohne Zweifel die Stoffe im Gaszuſtande eine etwas gröſsere ſpecifiſche Wärme beſitzen, als im ſtarren, da es ja bekannt iſt, daſs daſſelbe Gas im ausgedehnten Zuſtande eine etwas gröſsere ſpecifiſche Wärme beſitzt, als im verdichteten. Die Capacität des Kohlenſtoffs und Sauerſtoffs ſcheint bei gleicher Atomzahl nur halb ſo viel zu betragen; da jedoch die ſpecifiſche Wärme des erſtern ſich beim Diamant vielleicht anders verhält, als bei der bis jetzt unterſuchten Holzkohle, ſo möge dieſe Abweichung vorerſt auf ſich beruhn. Die des Sauerſtoffes läſst ſich heben, wenn man ſein Atomgewicht mit Berzelius verdoppelt, wodurch das Product auf 3,7776 erhöht wird. Das Product des Goldes und Wismuths beträgt $\frac{2}{3}$ vom normalen. Man müſste ihr Atomgewicht $1\frac{1}{2}$ Mal ſo groſs ſetzen, um dieſe Abweichung zu heben. Allein wenn dieſes auch beim Golde anginge, ſo iſt es beim Wismuth faſt unthunlich. Denn 71 Wismuth vereinigen ſich mit 8 Sauerſtoff zu Oxyd, mit 12 zu Hyperoxyd. Erhöhte man nun das Atomgewicht des Wismuths von 71 auf $1\frac{1}{2} \cdot 71 = 106{,}5$, ſo würden ſich dieſe 106,5 Wismuth mit 12 und mit 18 Sauerſtoff vereinigen. Dann kämen im Oxyd 2 Atome Metall auf 3 und im Hyperoxyd 4 Atome Metall auf 9 Sauerſtoff, welches letztere höchſt complicirte Verhältniſs bei keinem andern Metalloxyde vorkommt. Ferner iſt das Product beim Kobalt $1\frac{1}{2}$ Mal gröſser, als das normale. Wollte man, um das Product normal zu erhalten, das Atomgewicht des Kobalts um $\frac{1}{3}$ verringern, ſo müſste man auch daſſelbe mit dem Atomgewichte des Kupfers, Nickels, Eiſens u. ſ. w. vornehmen, wegen der Analogie ihrer Verbindungen und der Kryſtallgeſtalt derſelben, und man erhielte durch dieſe unnatürliche Aufhebung *einer* Abweichung eine Menge anderer. Beim Arſenik und Antimon, deren Product doppelt ſo groſs iſt, als das normale, lieſse ſich füglicher durch Halbirung des Atomgewichtes die Uebereinſtimmung

Digitized by Google

herstellen, und auch beim Silber, welches dieselbe Abweichung zeigt, wäre diese Halbirung einigermaſsen zulässig. Der Phosphor und das Iod zeigen bei gleicher Atomzahl eine vierfache Wärmecapacität. Es läſst sich zwar das Atomgewicht des Phosphors auf die Hälfte setzen, wo er noch die doppelte Capacität behielte, aber nicht auf ein Viertel, denn dann müſste auch das Atomgewicht des in allen seinen chemischen und krystallologischen Beziehungen so nahe verwandten Arseniks auf $\frac{1}{4}$ reducirt werden, womit dessen Product die Hälfte des normalen betragen und also eine neue Abweichung veranlassen würde. Das Atomgewicht des Iods endlich läſst sich, ohne gegen alle Analogieen anzustoſsen, auf keine Weise auf die Hälfte oder gar auf $\frac{1}{4}$ herabsetzen. Viele von diesen Einwendungen sind von Berzelius[1] selbst gegen diese Bestimmung der Atomgewichte durch die Wärmecapacität gemacht worden.

Das Resultat dieser Betrachtungen über die Bestimmung des Atomgewichtes der einfachen Stoffe durch ihre specifische Wärme besteht demnach in Folgendem. Da ein und derselbe Stoff je nach seiner Verdichtung oder Ausdehnung eine verschiedene specifische Wärme besitzt, so kann aus ihr das Atomgewicht der Stoffe auf keinen Fall genau gefunden werden. Aber auch für die annähernde Bestimmung desselben ist die specifische Wärme unzureichend. Allerdings zeigen die meisten bis jetzt untersuchten Stoffe bei gleicher Atomzahl ungefähr dieselbe Wärmecapacität, wie Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel und mehrere Metalle; aber Kohle und Sauerstoff besitzen eine nur halb, Gold und Wismuth eine $\frac{3}{4}$, Kobalt eine $1\frac{1}{2}$ Mal, Arsenik, Antimon und Silber eine 2 Mal und Phosphor und Iod eine 4 Mal so groſse, und es ist nicht möglich, die Atomgewichte der meisten dieser Stoffe nach Maſsgabe ihrer specifischen Wärme auf eine solche Weise abzuändern, daſs überall bei gleicher Atomzahl eine gleiche Wärmecapacität herauskommt, ohne der Natur den gröſsten Zwang anzuthun, ohne alle die Gründe von sich zu stoſsen, welche aus dem Verbindungsverhältnisse und der Krystallform der Verbindungen für die Feststellung der Atomgewichte hervorgehn. Ist übrigens auch die Annahme unzulässig, daſs jeder Stoff bei

---

1 Poggendorff Ann. XXVIII. 388.

gleicher Anzahl der Atome eine gleiche Wärmecapacität besitzt, so bleibt doch ausgemacht, daſs dieses bei vielen Stoffen, wie Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel u. s. w., der Fall ist, daſs jedoch die Atome mehrerer anderer Stoffe nur $\frac{1}{2}$ oder nur $\frac{2}{3}$ oder $1\frac{1}{2}$ oder 2 und noch andere 4 Mal so viel Wärme brauchen, um gleich stark erhitzt zu werden, wie die des Wasserstoffs und Schwefels; kurz daſs die verschiedenen Wärmecapacitäten bei gleicher Atomzahl zwar variiren, aber nach einfachen Verhältnissen. Somit kann das von der specifischen Wärme hergenommene, aber durch vorstehende Betrachtung bedeutend modificirte Gesetz nicht mehr als Stütze der Ansicht dienen, daſs die Gase einfacher Stoffe bei gleichem Volumen eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten.

Gegen dieses Gesetz ist nun noch Folgendes einzuwenden. Dasselbe paſst, wie bereits[1] nachgewiesen worden ist, nicht für die zusammengesetzten Gase, und da z. B. 1 Maſs Chlorgas mit 1 Maſs Wasserstoffgas 2 Maſs salzsaures Gas bildet, so enthalten diese 2 Maſs so viele Atome Salzsäure, wie 1 Maſs Chlorgas Atome Chlor und 1 Maſs Wasserstoffgas Atome Wasserstoff enthält. Wenn wir daher annehmen müssen, daſs gewisse (nicht alle) zusammengesetzte Atome sich in ihrem Gaszustande mit doppelt so groſsen Wärmesphären umgeben, als die einfachen, aus welchen sie gebildet sind, so ist es ebenso gut denkbar, daſs auch die einfachen Atome, je nach ihrer Natur, mit verschieden groſsen Wärmesphären umhüllt sind. Auf keinen Fall liegt zur Annahme obigen Gesetzes ein Zwang vor; es ist durch nichts erwiesen, allerdings auch nicht direct zu widerlegen, es empfiehlt sich nur durch seine Einfachheit, muſs aber verlassen werden, wenn viele Wahrscheinlichkeitsgründe dagegen sprechen und wenn sich durch seine Annahme alle übrige chemische Verhältnisse der Stoffe viel complicirter gestalten, wie es hier wirklich der Fall ist. Dieses möchte sich aus folgenden Betrachtungen ergeben. Nach der einen Ansicht, welche die von Dalton und Wollaston ist, hält das Wasser 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff und das Wasserstoffhyperoxyd 1 Atom Wasserstoff und 2 Sauerstoff; nach Berzelius enthält das Wasser 2 Atome Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff und das Hyperoxyd 1

1 S. Art. *Gas, chemische Natur.* Bd. IV. S. 1077.

Digitized by Google

Atom Waſſerſtoff und 1 Atom Sauerſtoff. Die Regel, daſs eine Verbindung zu gleichen Atomen inniger iſt, als eine von 1 auf 2, entſpricht der erſtern Anſicht, denn die Beſtandtheile des Waſſers hängen innig zuſammen, während das zweite Atom Sauerſtoff im Waſſerſtoffhyperoxyd nur ſehr loſe gebunden iſt und ſich mit der gröſsten Leichtigkeit daraus entwickelt. Dagegen widerſpricht dieſe Regel der Anſicht von Berzelius; von den 2 Atomen Waſſerſtoff, die er im Waſſer annimmt, entwickelt ſich unter keinen Umſtänden das eine Atom für ſich, und es giebt keinen Stoff, der im Stande wäre, bloſs 1 Atom Waſſerſtoff zu entziehn, ſie vermögen entweder keinen Waſſerſtoff daraus aufzunehmen oder entziehn, wie das Chlor, ſogleich ſämmtlichen; ferner muſs man beim Waſſerſtoffhyperoxyd annehmen, daſs 2 Atome deſſelben, worin alſo 2 Atome Waſſerſtoff und 2 Sauerſtoff enthalten wären, 1 Atom Sauerſtoff höchſt leicht frei werden laſſen, während 1 Atom Sauerſtoff mit den 2 Waſſerſtoff zu Waſſer verbunden zurückbleibt. Dieſe Verhältniſſe widerſprechen aller Analogie. Es giebt ferner keine Verbindung, von welcher beſtimmt nachgewieſen wäre, daſs ſie bloſs 1 Atom Waſſerſtoff nach der Anſicht von Berzelius (alſo ein halbes nach der von Dalton) enthielte. Das kleinſte Verhältniſs, nach welchem der Waſſerſtoff in den Verbindungen vorkommt, iſt zu 2 Atomen nach Berzelius (oder 1 Atom nach Dalton). Hierdurch wird die Exiſtenz eines ſo kleinen Atoms unwahrſcheinlich und ſeine Annahme ganz überflüſſig. Durch ſie wird nur die Bezeichnung der Waſſerſtoffverbindungen erſchwert und die Formeln, welche ſie ausdrücken, werden unnöthig verwickelt; denn von Verbindungen, welche 1, 2 oder 3 Atome Waſſerſtoff nach Dalton's Anſicht enthalten, muſs es nach Berzelius heiſsen, daſs in ihnen 2, 4 oder 6 Atome enthalten ſind. Zwar hat Berzelius zur Beſeitigung dieſer Weitläufigkeit für den Waſſerſtoff und einige andere Stoffe, die ſich in demſelben Falle befinden, *Doppelatome* eingeführt; ein Doppelatom Waſſerſtoff nach Berzelius kommt einem einfachen Atom von Dalton gleich, und während ein einfaches Atom von Berzelius mit H ausgedrückt wird, ſtellt ein durchſtrichenes H ein Doppelatom Waſſerſtoff vor; aber dieſe Bezeichnungsweiſe giebt, da der Strich durch den Buchſtaben oft minder deutlich erſcheint, leicht zu Irrthümern Veranlaſſung.

Aehnlich, wie mit dem Wasserstoff, verhält es sich mit dem Chlor und dem Stickstoff. Beträgt das specifische Gewicht des Wasserstoffgases 1, so ist das des Sauerstoffgases = 16, das des Chlorgases = 35,4, das des Stickgases = 14. Ebenso müssen sich nach Berzelius auch die Atomgewichte dieser Stoffe verhalten. Dennoch sind in allen Verbindungen, wo sich Chlor und Sauerstoff ersetzen können, 35,4 Chlor das Aequivalent nicht von 16, sondern von 8 Sauerstoff. So verbinden sich 39,2 Kalium mit 35,4 zu Chlorkalium, mit 8 Sauerstoff zu Kali. Es giebt ferner keine Verbindung, in welcher nur ein Berzelius'sches Atom Chlor oder Stickstoff enthalten wäre, immer sind es 2, 4 oder mehr solche Atome oder 1, 2, 3 u. s. w. Dalton'sche, daher auch bei diesen, sowie bei Iod und Brom, Doppelatome eingeführt werden muſsten, die bei allen Verbindungen einzig und allein in Betracht kommen und erst die wahren Aequivalente abgeben.

Der bedeutendste Einwurf gegen das hier besprochene Gesetz ist endlich in neuerer Zeit durch die Bestimmung des specifischen Gewichts des Schwefeldampfes durch Dumas und Mitscherlich hervorgegangen. Man nimmt allgemein das Atomgewicht des Schwefels doppelt so groſs, als das des Sauerstoffs an. Nach obigem Gesetze müſste nun auch das specifische Gewicht des Schwefeldampfes das Doppelte von dem des Sauerstoffgases betragen; es ist aber nach dem directen Versuche 6 Mal so groſs. Es bleiben nun zur Festhaltung des Gesetzes nur folgende zwei Wege offen. Man könnte diesem gefundenen specifischen Gewichte gemäſs das Atomgewicht des Schwefels ändern und dasselbe 6 Mal so groſs, als das des Sauerstoffs, annehmen. Es würde dann, das Atomgewicht des Sauerstoffes = 8 gesetzt, 48 betragen, und da in der Schwefelsäure 40 Theile Schwefel mit 60 Theilen Sauerstoff verbunden sind, so würde jene eine Verbindung von 1 Atom Schwefel mit 9 Atomen Sauerstoff seyn; denn $40:60 = 48:72$ und $72:8 = 9$. Die schweflige Säure würde hiernach aus 1 Atom Schwefel = 48 und 6 Atomen Sauerstoff = 48 bestehn. Diese Säuren würden somit ein 3 Mal so groſses Atomgewicht erhalten, als bisher, und 1 Atom derselben würde statt 1 Atom 3 Atome Basis sättigen. Die Hydrothionsäure würde auf 1 Atom Schwefel statt 1 Atom Wasserstoff deren 3 enthalten, während in allen übrigen Wasserstoffsäuren sich nur 1 befindet, in den Schwefel-

Digitized by Google

metallen würden meistens 3 Atome Metall auf 1 Schwefel kommen u. s. w. Es ergiebt sich ferner auch, daſs mit Verdreifachung des Atomgewichtes des Schwefels laut der vorausgehenden Tabelle die Wärmecapacität des Schwefels bei gleicher Atomzahl 3 Mal so groſs werden würde, als die des Wasserstoffes, Tellurs u. s. w., und daſs hierdurch jedenfalls die von der Wärmecapacität hergenommene Stütze aufgehoben werden würde. Beide Gesetze, nämlich das, nach welchem die Wärmecapacität der Stoffe bei gleicher Atomzahl gleich ist, und das, nach welchem gleiche Maſse einfacher Gase gleich viel Atome enthalten, können nicht zu gleicher Zeit richtig seyn; denn ist ersteres Gesetz richtig, so muſs das Atomgewicht des Schwefels, das des Wasserstoffs = 1 gesetzt, = 16 seyn; ist letzteres richtig, so muſs es = 48 seyn.

Ohne Zweifel sind es diese Schwierigkeiten, welche, soviel bekannt, alle Chemiker abgehalten haben, das Atomgewicht des Schwefels 6 Mal so groſs als das des Sauerstoffs zu setzen; es wird auch jetzt noch nach Bestimmung des specifischen Gewichts des Schwefeldampfs allgemein nur 2 Mal so groſs angenommen. Berzelius sucht auf einem andern Wege sein Gesetz aufrecht zu erhalten. Er sagt[1]: „Meiner Ansicht „nach beweisen die von Dumas erhaltenen Resultate“ (über das specifische Gewicht des Schwefeldampfs und anderer Dämpfe) „nur, daſs das specifische Gewicht der Gase einfacher Körper „sich nicht nothwendig wie das Atomgewicht derselben zu „verhalten braucht, besonders wenn es sich von nicht beständigen Gasen handelt. Daneben zeigen sie, daſs die Volumina „Submultipla oder Multipla ganzer Zahlen von Atomgewichten „enthalten können.“ Hiernach giebt Berzelius zu, daſs wenigstens bei Dämpfen nicht immer gleiche Maſse gleich viel Atome enthalten; für permanentere Gase dagegen, wie Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickgas, Chlorgas, behält er in seinem später erschienenen Lehrbuche[2] das Gesetz in voller Strenge bei. Bedenkt man jedoch, daſs zwischen permanenteren Gasen und Dämpfen nur ein gradweiser Unterschied besteht, daſs z. B. Chlorgas durch verstärkten Druck ebenfalls zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichtet werden kann, und

1 Poggendorff's Ann. XXVIII. 31.
2 Ausgabe von 1835. Th. V. S. 81.

bedenkt man, daſs das Gesetz auf zusammengesetzte Gase ohnehin keine Anwendung findet, so möchte es alle Haltbarkeit verlieren. Dieselben uns unbekannten Ursachen, welche bewirken, daſs 1 Maſs Schwefeldampf 3 Mal so viel Atome enthält, als ein Maſs Sauerstoffgas, und ein Maſs salzsaures Gas nur halb so viel Atome, als 1 Maſs Wasserstoffgas, können auch bewirken, daſs, wofür alle übrige Gründe sprechen, 1 Maſs Wasserstoffgas, Stickgas oder Chlorgas nur halb so viel Atome enthält, als ein Maſs Sauerstoffgas.

Es bleibt nun noch übrig anzugeben, welche andere Mittel, auſser dem specifischen Gewichte der Gase und der specifischen Wärme der einfachen Stoffe, uns sonst noch zur Bestimmung ihres Atomgewichtes zu Gebote stehn. Es sind vorzüglich folgende.

1) Man geht von dem Grundsatze aus, daſs sich die heterogenen Atome vorzüglich nach einfachen Zahlenverhältnissen zu vereinigen streben, und sucht daher ihnen nach dem Ergebniſs der Analyse ihrer Verbindungen ein solches Gewicht beizulegen, daſs möglichst einfache Zahlenverhältnisse herauskommen. Zu diesem Behufe muſs jeder einfache Stoff in allen seinen Verbindungen mit den übrigen betrachtet werden. So kann man z. B., wenn das Atomgewicht des Wasserstoffs zu 1 und das des Sauerstoffes zu 8 festgesetzt ist, dem Schwefel kein schicklicheres Atomgewicht, als das von 16 geben, denn 16 Theile Schwefel verbinden sich mit 1 Wasserstoff (1 Atom: 1 Atom) zu Hydrothionsäure, mit 8 Sauerstoff (1:1) zu unterschwefliger, mit 16 (1:2) zu schwefliger und mit 24 (1:3) zu Schwefelsäure; desgleichen 80 Theile Schwefel mit 1 Wasserstoff (5:1) zu hydrothioniger und 32 Theile Schwefel mit 40 Sauerstoff (2:5) zu Unterschwefelsäure. Ferner 16 Schwefel mit 27,2 Eisen (1:1) zu Einfachschwefeleisen und 32 Schwefel mit 27,2 Eisen (2:1) zu Schwefelkies u. s. w. Setzte man das Atomgewicht des Schwefels auf 8, oder auf 32, oder, wie es das obige Gesetz bei seiner strengen Durchführung erheischen würde, auf 48, so würden die Zahlen der in die Verbindung tretenden Atome weit gröſser und also unnatürlicher ausfallen.

2) Man nimmt an, daſs Stoffe, die sich sehr ähnlich sind, mit andern Stoffen Verbindungen nach gleicher Atomzahl eingehn. So sind sich Nickel und Kobalt in allen ihren

Digitized by Google

Verhältniſsen sehr ähnlich; beide bilden mit einer gewiſsen Menge Sauerstoff ein Oxyd und mit der anderthalb Mal gröſseren ein Hyperoxyd. Wenn daher beim Nickel angenommen wird, das Oxyd enthalte 1 Atom Metall auf 1 Sauerstoff und das Hyperoxyd 2 auf 3, so muſs daſselbe auch vom Kobalt gelten. Dieses ist einer der Gründe, warum das Atomgewicht des Kobalts nicht um $\frac{1}{3}$ verkleinert werden darf, was das oben beleuchtete Gesetz von der Wärmecapacität erheischen würde. Da ferner in der Hydrothionsäure und Hydroselensäure 1 Atom Wasserstoff auf 1 Atom Schwefel oder Selen angenommen wird, so ist dieses Verhältniſs auch in der analogen Hydrotellursäure vorauszusetzen und hiernach das Atomgewicht des Tellurs zu bestimmen.

3) In der Regel muſs das Gesammtgewicht der Atome, welche eine Säure bilden, so viel betragen, daſs dieses gerade zur Sättigung eines Atoms Salzbasis hinreicht. So bilden 16 Theile Schwefel mit 24 Sauerstoff 40 Schwefelsäure, und 103,8 Theile Blei mit 8 Sauerstoff 111,8 Bleioxyd. Es sättigen nun gerade 40 Theile Schwefelsäure 111,8 Bleioxyd. Wollte man nach Obigem das Atomgewicht des Schwefels auf 48 setzen, so würden diese 48 Theile zur Bildung von Schwefelsäure 72 Sauerstoff verlangen und ein Atom Schwefelsäure = 120 bilden, welches dann nicht 1, sondern 3 Atome Bleioxyd sättigen würde. Von dieser Regel kommen jedoch einige unabweisbare Ausnahmen vor; daher man sich in neuerer Zeit genöthigt gesehn hat, auſser solchen Säuren, von denen 1 Atom 1 Atom Basis sättigt und die man *einbasische* nennt, noch die *zwei-* und die *dreibasischen* Säuren zu unterscheiden, von welchen 1 Atom entweder 2 oder 3 Atome Salzbasis sättigt.

4) Wenn sich ein Metall nur nach *einem* Verhältniſse mit dem Sauerstoff zu einer Salzbasis vereinigt, so nimmt man in der Regel an, die Verbindung sey nach einer gleichen Atomzahl zusammengesetzt, z. B. im Kali sey 1 Atom Kalium, im gelben Bleioxyd 1 Atom Blei mit 1 Atom Sauerstoff vereinigt. Gründe des Isomorphismus können jedoch hierbei Abweichungen nöthig machen, worüber unter 5) das Nähere. Bildet ferner ein Metall mit verschiedenen Mengen von Sauerstoff verschiedene Salzbasen, so scheint man allgemein annehmen zu dürfen, daſs in demjenigen Oxyd, welches sich als die stärkste Salzbasis verhält, gleich viel Atome von Metall

und Sauerstoff vorkommen. Wenigstens stehn die nach dieser Annahme gefundenen Zahlenverhältnisse in vollem Einklang mit denen, die sich durch die übrigen hier beleuchteten Mittel als die wahrscheinlichsten ergeben. Das Eisenoxydul hält auf 27,2 Theile Eisen 8, und das Eisenoxyd 12 Sauerstoff, oder ersteres hält auf 8 Theile Sauerstoff 27,2, letzteres 18,1 Eisen. Da das Eisenoxydul die stärkere Basis ist, so wird in ihm 1 Atom Sauerstoff auf 1 Atom Eisen angenommen und daher letzteres auf 27,2 gesetzt. Wollte man im Eisenoxyd eine gleiche Atomzahl annehmen, so würde 1 Atom Eisen 18,1 wiegen und im Eisenoxydul würden 2 Atome Sauerstoff auf 3 Atome Eisen kommen. Das Quecksilberoxydul hält 202,8 und das Oxyd 101,4 Theile Quecksilber auf 8 Sauerstoff, oder nach einer zweiten Ansicht sind im Oxydul 202,8 Quecksilber mit 8, im Oxyd mit 16 Theilen Sauerstoff verbunden. Nach der ersten Ansicht ist das Atomgewicht des Quecksilbers 101,4 und im Oxydul kommen 2, im Oxyd 1 Atom Metall auf 1 Sauerstoff; nach der zweiten Ansicht ist das Atomgewicht des Quecksilbers 202,8 und das Oxydul enthält auf 1 Atom Metall 1, das Oxyd 2 Atome Sauerstoff. Erstere Ansicht verdient den Vorzug, weil das Quecksilberoxyd eine stärkere Salzbasis ist, als das Oxydul; zugleich auch, weil bei dem dem Quecksilber analogen Kupfer, wie wir unten sehn werden, aus Gründen des Isomorphismus angenommen werden muſs, daſs in seinem Oxydul 2 Atome, im Oxyd 1 Atom Metall auf 1 Atom Sauerstoff kommen. Umgekehrt verhält es sich mit den Oxyden des Zinns. 59 Zinn bilden mit 8 Sauerstoff das Zinnoxydul, mit 16 das Zinnoxyd. Ersteres ist die stärkere Basis. Wollte man im Zinnoxyd 1 Atom Metall auf 1 Sauerstoff annehmen, so würde das Atomgewicht des Zinns von 59 auf 29,5 zu reduciren seyn, wo dann im Oxydul 2 Atome Metall auf 1 Sauerstoff kämen.

5) Von gröſster Wichtigkeit endlich zur sicheren Bestimmung der Atomgewichte ist der Isomorphismus[1]. Wenn in einer krystallisirten Verbindung ein Stoff durch einen andern analogen ohne Aenderung der Krystallform vertreten wird, so ist anzunehmen, daſs dieses nach einer gleichen Anzahl von

1 S. Art. *Krystallogenie*. Bd. V. S. 1355.

Digitized by Google

Atomen erfolgt. Wenn daher zwei gleich geformte krystallinische Verbindungen vorkommen, die beide übrigens dieselben Bestandtheile nach denselben stöchiometrischen Verhältnissen enthalten, nur dafs die eine den Stoff A, die andere statt dessen den vertretenden Stoff B enthält, und man Gründe hat anzunehmen, die erstere Verbindung halte 1 Atom A oder 2 Atome A u. s. w., so mufs auch die andere Verbindung 1 Atom B oder 2 Atome B u. s. w. enthalten. Einige Beispiele mögen die Wichtigkeit des Isomorphismus erläutern. Es ist nur eine Verbindung des Alumiums mit Sauerstoff bekannt, die Alaunerde; man könnte hierin 1 Atom Metall auf 1 Atom Sauerstoff annehmen. Allein die Alaunerde krystallisirt als Sapphir im denselben spitzen Rhomboedern, wie das Eisenoxyd als Eisenglanz und wie das künstliche Chromoxyd. Diese beiden Oxyde bilden ferner mit Schwefelsäure, Kali und Wasser dieselben oktaedrischen Krystalle, wie die Alaunerde im gewöhnlichen Alaun; in allen diesen Salzen finden sich 4 Atome Schwefelsäure, 1 Kali und 24 Wasser. Hiernach ist die Alaunerde mit jenen Oxyden isomorph und mufs daher auch nach derselben Atomzahl zusammengesetzt seyn. Da nun (nach 4) angenommen wurde, das Eisenoxyd halte auf 2 Atome Metall 3 Sauerstoff, so mufs es sich mit der Alaunerde ebenso verhalten. Man setzt hiernach das Atomgewicht des Alumiums auf 13,7 und nimmt in der Alaunerde 2.13,7 Alumium auf 3.8 Sauerstoff an. Wollte man eine gleiche Atomzahl in der Alaunerde statuiren, so wäre das Atomgewicht des Alumiums 9,13, denn 9,13:8=2.13,7:3.8. Ferner wurde (nach 4) als wahrscheinlich angenommen, das Zinnoxyd halte auf 1 Atom Metall 2 Sauerstoff; da nun dieses als Zinnstein in denselben Gestalten des quadratischen Systems krystallisirt, wie das Titanoxyd als Rutil, so mufs dieses Oxyd 2 Atome Sauerstoff enthalten. Bei den zwei Oxyden des Kupfers lassen sich dieselben zwei Ansichten aufstellen, wie bei denen des Quecksilbers; das Kupferoxydul hält auf 8 Theile Sauerstoff 63,6 und das Oxyd 31,8 Metall, oder nach der zweiten Ansicht sind 63,6 Kupfer im Oxydul mit 8, im Oxyd mit 16 Sauerstoff verbunden. Nach der ersten Ansicht ist das Atomgewicht des Kupfers 31,8 und es finden sich im Oxydul 2, im Oxyd 1 Atom Metall auf 1 Atom Sauerstoff; nach der zweiten ist das Atomgewicht des Kupfers 63,6, und 1 Atom

Digitized by Google

Kupfer verbindet sich mit 1 Sauerstoff zu Oxydul, mit 2 zu Oxyd. Für die erstere Ansicht spricht nun nicht bloſs der (unter 4) erwähnte Grund, daſs das Oxyd eine stärkere Salzbasis ist, als das Oxydul, sondern auch der Isomorphismus. Denn das Kupferoxyd ist isomorph mit Bittererde, Zinkoxyd, Eisenoxydul, Kobaltoxyd, Nickeloxyd, kurz mit einer Reihe von Oxyden, in welchen allgemein 1 Atom Metall auf 1 Atom Sauerstoff angenommen wird; so hat namentlich die Verbindung der Schwefelsäure mit Kali, Wasser und Kupferoxyd dieselbe Krystallform, wie die Verbindungen, in welchen das Kupferoxyd durch eines jener andern Oxyde vertreten ist. Also kann das Kupferoxyd nicht 2 Atome Sauerstoff enthalten. Nach dem über die Wärmecapacität Gesagten sollte man das zu 29,6 angenommene Atomgewicht des Kobalts um $\frac{1}{3}$ verkleinern, um gleiche Wärmecapacität bei gleicher Zahl der Atome zu erhalten. Allein diese Verkleinerung ist vermöge des Isomorphismus des Kobaltoxyds mit Nickeloxyd, Eisenoxydul u. s. w. völlig unzulässig. Die Verbindung von 1 Atom Kobaltoxyd (aus 29,6 Kobalt und 8 Sauerstoff zusammengesetzt) mit 1 Atom Schwefelsäure und 6 Atomen Wasser hat z. B. dieselbe Krystallform, wie der Eisenvitriol, welcher 1 Atom Eisenoxydul (27,2 Eisen auf 8 Sauerstoff), 1 Schwefelsäure und 6 Wasser enthält. Diese Beispiele mögen zeigen, wie die Lehre vom Isomorphismus für die Bestimmung der Atomgewichte ein höchst sicherer Führer ist; sobald man bei einer Verbindung aus andern Gründen die Zahl der sie constituirenden Atome mit einiger Wahrscheinlichkeit festgesetzt hat, so läſst sie sich hierdurch auch in allen andern analogen Verbindungen, wenn sie gleiche Krystallgestalt zeigen, fast mit Gewiſsheit finden.

Der hier folgenden Tabelle über das Atomgewicht der einfachen Stoffe liegen fast allein die durch Berzelius bewerkstelligten Analysen ihrer Verbindungen zu Grunde, eine ebenso schwierige als groſsartige Arbeit, durch welche sich Berzelius ein unsterbliches Verdienst um die Chemie erworben hat. Die Columne A nennt die einfachen Stoffe; die Columne B enthält die für dieselben durch Berzelius eingeführten Zeichen. In den Columnen C und D finden sich die Atomgewichte, wie sie sich nach den so eben entwickelten Grundsätzen als die wahrscheinlichsten ergeben möchten, und

Digitized by Google

zwar ist in der Columne C das Atomgewicht des Wasserstoffs = 1, in der Columne D das des Sauerstoffs = 100 gesetzt. Die in diesen beiden Columnen angenommenen Atomgewichte weichen zum Theil von denjenigen ab, welche in den frühern Theilen dieses Wörterbuches gebraucht wurden, weil neue Untersuchungen und Ueberzeugungen eine Aenderung derselben veranlaſsten. So ist hier das Atomgewicht des Alumiums anderthalb und das des Siliciums, Antimons, Arseniks und Phosphors doppelt so groſs genommen, als früher. Die Columnen E und F enthalten die Atomgewichte nach Berzelius, und zwar ist in der Columne E das Atomgewicht des einfachen Wasserstoffatoms = 0,5 und das seines Doppelatoms = 1 angenommen, in der Columne F dagegen das des Sauerstoffs = 100.

A	B	C	D	E	F
Sauerstoff	O	8	100	8,01	100
Wasserstoff	H	1	12,5	0,50	6,2398
Kohlenstoff	C	6	75	6,13	76,44
Boron	B	10,5	131,25	10,91	136,20
Phosphor	P	31,4	392,5	15,72	196,14
Schwefel	S	16	200	16,12	201,17
Selen	Se	40	500	39,63	494,58
Iod	I	126	1575	63,28	789,75
Brom	Br	78,4	980	39,20	489,75
Chlor	Cl	35,4	442,5	17,74	221,33
Fluor	F	18,7	233,75	9,37	116,90
Stickstoff	N	14	175	7,09	88,52
Kalium	K	39,2	490	39,26	489,92
Natrium	Na	23,2	290	23,31	290,90
Lithium	L	6,4	80	6,44	80,33
Baryum	Ba	68,6	857,5	68,66	856,88
Strontium	Sr	44	550	43,85	547,29
Calcium	Ca	20,5	256,25	20,52	256,02
Magnium	Mg	12,7	158,75	12,69	158,35
Cerium	Ce	46	575	46,05	574,70
Yttrium	Y	32,2	402,5	32,25	402,51
Glycium	G	17,7	221,25	26,54	331,26
Alumium	Al	13,7	171,25	13,72	171,17
Thorium	Th	59,6	745	59,65	744,90
Zirconium	Zr	22,4	280	33,67	420,20
Silicium	Si	14,8	185	22,22	277,31
Titan	Ti	24,5	306,25	24,33	303,66
Tantal	Ta	185	2312,5	92,45	1153,72
Scheel	W	95	1187,5	94,80	1183,00
Molybdän	Mo	48	600	47,96	598,52
Vanad	V	68,6	857,5	68,66	856,89
Chrom	Cr	28,1	351,25	28,19	351,82
Uran	U	217	2712,5	217,26	2711,36
Mangan	Mn	27,6	345	27,72	345,89
Arsenik	As	75,2	940	37,67	470,04
Antimon	Sb	129	1612,5	64,62	806,45
Tellur	Te	32	400	64,25	801,76
Wismuth	Bi	71	887,5	71,07	886,92
Zink	Zn	32,2	402,5	32,31	403,23
Kadmium	Cd	55,8	697,5	55,83	696,77
Zinn	Sn	59	737,5	58,92	735,29
Blei	Pb	103,8	1297,5	103,73	1294,50
Eisen	Fe	27,2	340	27,18	339,21
Kobalt	Co	29,6	370	29,57	368,99
Nickel	Ni	29,6	370	29,62	369,68
Kupfer	Cu	31,8	397,5	31,71	395,71

Digitized by Google

A	B	C	D	E	F
Quecksilber	Hg	101,4	1267,5	101,43	1265,82
Silber	Ag	108,2	1352,5	108,30	1351,61
Gold	Au	66,4	830	99,60	1243,01
Platin	Pt	98,7	1233,75	98,85	1233,50
Palladium	Pd	53,4	667,5	53,36	665,90
Rhodium	R	52,2	652,5	52,2	651,39
Iridium	Ir	98,7	1233,75	98,84	1233,50
Osmium	Os	99,6	1245	99,72	1244,49

Bei der Vergleichung dieser Atomgewichte unter einander in der Columne C ergiebt sich Folgendes.

1) Die Atomgewichte der übrigen einfachen Stoffe sind oft ein Multiplum nach einer ganzen Zahl von dem des Wasserstoffs. So ist das des Kohlenstoffs 6, das des Sauerstoffs 8 und das des Stickstoffs 14 Mal so groſs. Es wirft sich hier die Frage auf: sollte es ein Naturgesetz seyn, wie es Thomson will, daſs die Atomgewichte aller übrigen Elemente durch das des Wasserstoffs theilbar sind, oder ist es, wie Berzelius annimmt, nur ein Zufall, daſs dieses wegen des geringen Gewichtes, welches ein Wasserstoffatom besitzt, bei einigen Stoffen ziemlich, aber nicht ganz genau der Fall ist, während sich bei vielen andern groſse Abweichungen zeigen. Für die erstere Ansicht spricht die Einfachheit der Natur. Wollte man besonders der Idee Raum geben, daſs es nur eine ursprüngliche wägbare Materie giebt, so müſste dieses der Wasserstoff seyn, da er die kleinsten Atome hat, und es müſste angenommen werden, daſs, wenn sich diese Atome nach verschiedener Zahl auf eine solche Weise verbinden, daſs sie durch die bis jetzt bekannten Mittel nicht wieder trennbar sind, die schwereren Atome der übrigen unzerlegten Stoffe entstehn, deren Gewichte dann nothwendig durch das des Wasserstoffs müſsten getheilt werden können. Andrerseits berechtigt die bisherige Erfahrung noch nicht, ein so einfaches Verhältniſs als begründet anzunehmen, denn die von Berzelius mit unübertroffener Genauigkeit vorgenommenen Bestimmungen geben bei vielen Stoffen Atomgewichte mit bedeutenden Brüchen, und nach diesen existirt sogar kein einziger einfacher Stoff, dessen Atomgewicht *ganz genau* obiger Ansicht entspräche. Dieses ergiebt sich aus der Betrachtung der Columnen E und

Digitized by Google

F, in welchen die Atomgewichte von Berzelius genau aus den analytischen Ergebnissen berechnet sind. Nach Columne E ist, wenn man das Gewicht eines Doppelatoms Wasserstoff = 1 setzt, das eines Atoms Kohlenstoff nicht 6, sondern 6,13, beim Sauerstoff nicht 8, sondern 8,1, beim Stickstoff nicht 14, sondern 14,18 (oder, halb so groſs genommen, 7,09), beim Schwefel nicht 16, sondern 16,12 u. s. w. Wer jedoch die auſserordentliche Schwierigkeit kennt, die Atomgewichte durch den Versuch ganz genau aufzufinden, und die Veränderungen berücksichtigt, welche die Bestimmung mancher derselben, die durch sichere Versuche ausgemacht schienen, durch spätere Versuche erfahren hat, kann diese Streitfrage noch nicht als entschieden betrachten und wird es noch immer für möglich halten, daſs neuere noch genauere Versuche die Ansicht von jenem einfachen Verhältnisse fester begründen werden.

2) Es giebt Gruppen von Elementen, welche ähnliche physische und chemische Verhältnisse zeigen. Ob eine jede solche Gruppe gerade aus 3 Elementen zu bestehn habe, wie Döbereiner will, welcher die Elemente nach der Trias gruppirt, bleibe dahin gestellt. Es findet sich nur, daſs die Atomgewichte solcher ähnlichen Elemente in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehn, sich bald fast gleich sind, bald Multipla von einander mit einer ganzen Zahl, oder wenigstens in einer arithmetischen Ordnung zunehmen. Es sind sich ähnlich und haben fast dasselbe Atomgewicht: Chrom 28,1, Mangan 27,6 und Eisen 27,2; Kobalt 29,6 und Nickel 29,6; Platin 98,7, Iridium 98,7 und Osmium 99,6; beim Sauerstoff, Schwefel, Phosphor und Selen sind die Atomgewichte 8:16:31,4:40, alſo ungefähr = 1:2:4:5. Die Atomgewichte des Fluors, Chlors, Broms und Iods sind: 18,7:35,4:78,4:126, also ungefähr = 2:4:9:14, und das Atomgewicht des Chlors + dem des Iods, durch 2 getheilt, giebt ungefähr das Atomgewicht des Broms $\left(\frac{35,4+126}{2}=80,7\right)$, so wie auch das Brom nach allen seinen physischen und chemischen Verhältnissen zwischen Chlor und Iod gerade in der Mitte steht. Ebenso erhält man durch Addiren der Atomgewichte des Lithiums und Kaliums und Halbiren ungefähr das des Natriums, welches in allen Verhältnissen zwischen Lithium und

Digitized by Google

Kalium das Mittel hält $\left(\frac{6,4+39,2}{2}=22,8\right)$. Auf dieselbe Weise verhält es sich mit dem Atomgewicht des zwischen Calcium und Baryum stehenden Strontiums $\left(\frac{20,5+68,6}{2}=44,55\right)$. Beim Molybdän, Scheel und Tantal ist das Verhältniſs $= 48:95:185$, also ungefähr $= 1:2:4$. Bei Chrom und Vanad ist es $= 28,2:68,7$, also ungefähr $= 2:5$, und beim Tellur und Antimon $= 32:129 = 1:4$.

Sollten alle diese merkwürdigen Zahlenverhältnisse, welche mit der Natur der Stoffe in einem so engen Zusammenhange stehn, zufällig seyn? Dieses ist nicht wohl zu glauben. Bei einigen mag dieses der Fall seyn, und bei diesen wird vielleicht durch noch genauere Bestimmung ihres Atomgewichts diese scheinbare Uebereinstimmung immer mehr verschwinden. Aber es ist zu erwarten, daſs durch diese genaueren Bestimmungen die meisten dieser Zahlenverhältnisse, die bis jetzt nur annähernd sind, immer reiner hervortreten, und dieses ist ein Grund weiter, die bisherigen Bestimmungen der Atomgewichte noch nicht für ganz unabänderlich anzusehn.

Bis jetzt war nur von den festen Verhältnissen die Rede, nach welchen sich einfache Stoffe vereinigen. Das meiste hierüber Bemerkte findet nun auch bei den proportionirten Verbindungen zusammengesetzter Stoffe seine Anwendung. Namentlich gilt auch hier das Gesetz, daſs, wenn eine bestimmte Menge des zusammengesetzten Stoffes A verschiedene Mengen von dem zusammengesetzten Stoffe B aufzunehmen vermag, die kleinste Menge von B, welche A aufnimmt, mit $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4 u. s. w. multiplicirt die übrigen Mengen von B giebt, welche etwa mit A verbindbar sind. Die Multiplication mit $1\frac{1}{3}$ und mit $2\frac{1}{2}$ möchte hier nicht so leicht vorkommen. So nehmen 47,2 Theile Kali im einfach kohlensauren Kali 22 und im doppelt kohlensauren 44 Theile Kohlensäure auf, und 111,8 Theile Bleioxyd sind mit 9, 18, 27 und 54 Theilen Salpetersäure verbindbar. Ebenso findet das zweite Gesetz seine Anwendung. Aus dem Verhältniſs, nach welchem sich ein zusammengesetzter Stoff mit zwei andern verbindet, läſst sich berechnen, nach welchem Verhältniſs sich diese beiden mit einander verbinden werden. So sind 20,7 Theile Bittererde im

Digitized by Google

Bittererdehydrat mit 9 Wasser und im Bittersalz mit 40 Schwefelsäure verbunden und es bilden auch gerade 9 Theile Wasser mit 40 Schwefelsäure die proportionirte Verbindung des Vitriolöls. Es lassen sich auf diese Weise auch die *Aequivalente*, *Mischungsgewichte* oder *Atomgewichte der zusammengesetzten Stoffe* auffinden. Man kann z. B. das der Schwefelsäure = 1000 setzen und dann das des Wassers = 225, das der Bittererde = 517,5, das des Bleioxyds = 2795, da sich findet, daſs sich 1000 Theile Schwefelsäure mit den genannten Mengen jener Verbindungen vereinigen. Das Atomgewicht der Salpetersäure würde hiernach 1350 betragen, denn mit 2795 Theilen Bleioxyd oder 517,5 Bittererde verbinden sich 1350 Salpetersäure u. s. w. Die so erhaltenen stöchiometrischen Zahlen würden aber mit den bei den einfachen Stoffen gefundenen nicht im Einklange stehn, da bei ihnen das Atomgewicht des Wasserstoffes = 1 oder das des Sauerstoffs = 100 gesetzt wurde, hier hingegen das der Schwefelsäure = 1000. Es giebt aber noch eine zweite Methode, die Atomgewichte der Verbindungen zu finden, bei welcher zugleich dieser Einklang erhalten wird. Man erhält nämlich durch Addition der Atomgewichte der Bestandtheile das Atomgewicht der Verbindung. Da z. B. in der Schwefelsäure ein Atom Schwefel mit 3 Atomen Sauerstoff verbunden ist und das Atomgewicht des Schwefels 16, das des Sauerstoffes 8 beträgt, so ist das Atomgewicht der Schwefelsäure = $16 + 3 . 8 = 40$. Ebenso ist das Atomgewicht des Bleioxyds, in welchem 1 Atom Metall mit 1 Atom Sauerstoff verbunden ist, = $103,8 + 8 = 111,8$. Wenn man zu 111,8 Theilen Bleioxyd 100 oder mehr Theile mit Wasser verdünnter Schwefelsäure fügt und das Gemenge allmälig bis zum Glühen erhitzt, so verdampft mit dem Wasser der im Ueberschusse vorhandene Theil der Schwefelsäure und es bleiben 151,8 Theile schwefelsaures Bleioxyd, worin also 40 Theile Schwefelsäure mit 111,8 Bleioxyd verbunden sind. Wenn man ferner Bleiglanz, die Verbindung von 1 Atom Blei und 1 Atom Schwefel, mit Salpetersäure bis zur Trockne abdampft, welche an das Blei und den Schwefel den zur Bildung von Bleioxyd und Schwefelsäure nöthigen Sauerstoff abtritt, so bleibt dieselbe Verbindung von 111,8 Theilen Bleioxyd und 40 Theilen Schwefelsäure, der sich weder durch Wasser etwa überschüssige Schwefelsäure, noch durch Essig-

Digitized by Google

säure etwa überschüssiges Bleioxyd entziehn läſst, weil nämlich 1 Atom Blei gerade 1 Atom Bleioxyd und 1 Atom Schwefel gerade 1 Atom Schwefelsäure beim Hinzufügen von Sauerstoff bildet und weil sich Bleioxyd und Schwefelsäure gerade nach dem Verhältnisse von 1 Atom zu 1 Atom vereinigen. Hiermit hängt zusammen, daſs, wenn solche Verbindungen der zweiten Ordnung, wie schwefelsaures Bleioxyd, in ihren nähern Bestandtheilen einen gemeinschaftlichen entferntern enthalten, wie Sauerstoff, die Mengen desselben in den nähern Bestandtheilen in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehn und z. B. die Menge des Sauerstoffs in der Schwefelsäure gerade 3 Mal so groſs ist, wie die Menge des Sauerstoffes in dem damit verbundenen Bleioxyde. Die Thatsache, daſs das Mischungsgewicht in einer Verbindung gefunden wird durch Addition der Mischungsgewichte ihrer Bestandtheile, spricht sehr zu Gunsten der atomistischen Theorie und erscheint nach dieser als eine nothwendige Folge. Wenn wir nach dieser Theorie annehmen, 1 Atom Blei verbinde sich mit 1 Atom Sauerstoff zu 1 Atom Bleioxyd, so muſs dieses so viel wiegen, wie 1 Atom Blei + 1 Atom Sauerstoff, also $103{,}8 + 8 = 111{,}8$. Ebenso muſs 1 Atom Schwefelsäure 40 wiegen, da in ihr 1 Atom Schwefel = 16 mit 3 Atomen Sauerstoff = 3.8 verbunden gedacht werden. Wenn sich nun im schwefelsauren Bleioxyd 1 Atom Bleioxyd mit 1 Atom Schwefelsäure vereinigt, so kommen hier 111,8 Theile Bleioxyd auf 40 Schwefelsäure, wie dieses die Erfahrung lehrt. So bildet sich 1 Atom schwefelsaures Bleioxyd, welches 151,8 wiegt und nach diesem Gewichte mit dem kohlensauren Bleioxyd eine natürliche Verbindung bildet.

Aus dem über die proportionirten Verbindungen Mitgetheilten ergiebt sich ohne Schwierigkeit die Bildung der von Berzelius eingeführten chemischen Formeln und die stöchiometrische Berechnung.

Eine *chemische Formel* drückt die Zusammensetzung einer proportionirten Verbindung nach ihren Bestandtheilen und deren relativer Menge durch Zeichen und Zahlen aus. Die Zeichen sind die in der obigen Tafel, Columne B, bemerkten Anfangsbuchstaben, durch welche die einfachen Stoffe bezeichnet werden. Auſserdem haben mehrere, besonders organische Verbindungen eigene Zeichen erhalten; z. B. Wasser

= Aq.; Cyan = Cy.; Weinsäure = $\overline{T}$; Citronensäure = $\overline{C}$; Essigsäure = $\overline{A}$ u. s. w. Die beigefügten Zahlen geben die relative Zahl der Atome an, nach welcher sich die Elemente in den Verbindungen vorfinden; ein Zeichen ohne Zahl deutet an, daſs von dem durch das Zeichen ausgedrückten Stoffe nur 1 Atom in dem zusammengesetzten Atom enthalten ist, da die Zufügung der Zahl 1 überflüssig ist. So ist das Bleioxyd PbO, die Schwefelsäure SO^3, das schwefelsaure Bleioxyd $PbO + SO^3$, das einfach kohlensaure Kali $KO + CO^2$, das krystallisirte doppelt kohlensaure Kali, worin 1 Atom Krystallwasser, $KO + CO^2 + HO$, das krystallisirte schwefelsaure Ammoniak, worin 1 Atom Krystallwasser, $NH^3 + SO^3 + HO$, und der krystallisirte Kali-Alaun, als Beispiel einer sehr verwickelten Verbindung, =

$$(KO + SO^3) + (Ae^2\,O^3 + 3SO^3) + (24HO).$$

Diese letzteren Formeln zeigen zugleich daſs bei Verbindungen der zweiten Ordnung die näheren Bestandtheile durch das Pluszeichen vereinigt werden, und daſs bei Verbindungen einer höhern Ordnung noch Klammern nöthig sind, um eine deutliche Uebersicht der Art, wie die Elemente verbunden sind, zu gewähren.

Bei diesen Formeln werden meistens die elektropositiveren Stoffe, wie Metalle, Salzbasen u. s. w., zuerst, und die elektronegativeren, wie Sauerstoff, Chlor, Säuren, zuletzt gesetzt. Dieses stimmt jedoch nicht mit der chemischen Sprache überein; überall, wo eine Verbindung nach ihren Bestandtheilen benannt ist, geht der elektronegativere voraus; man sagt nicht Kalium-Chlor, sondern Chlor-Kalium, nicht Bleioxyd-Schwefelsäure, sondern schwefelsaures Bleioxyd u. s. w. Es würde daher das Lesen der chemischen Formeln bedeutend erleichtern, wenn ihre Bestandtheile nach derselben Ordnung aufgestellt würden, wie sie ausgesprochen werden.

Die rechts oben von einem Zeichen gesetzten Zahlen haben hier und da Anstoſs gegeben, da diese Stellung in den algebraischen Formeln eine Potenz ausdrückt. Daher setzen manche Chemiker die Zahl rechts unten; z. B. Schwefelsäure = SO_3, jedoch ist das Zeichen oben bequemer zu lesen. Jede Wissenschaft, die der Formeln bedarf, hat das Recht, die hierzu nöthigen Zeichen und Zahlen nach ihrem Bedürfniſs

zu benutzen; die Mathematik nimmt die Zeichen (.) und (:) ja auch in einem ganz andern Sinne, als die Schriftsprache; eine Verwechselung der chemischen Formeln mit den algebraischen ist nicht zu befürchten.

Endlich kommen bei den chemischen Formeln ſolgende Abkürzungen vor. Da der Sauerstoff in so vielen Verbindungen enthalten ist, so wird er oft nur durch Puncte ausgedrückt, die über das Zeichen des Stoffes, mit dem er verbunden ist, gesetzt werden und deren Zahl die Menge der in einem zusammengesetzten Atom enthaltenen Sauerstoffatome ausdrückt. Somit wäre Wasser $= \dot{H}$; Bleioxyd $= \dot{P}b$; Schwefelsäure $= \dddot{S}$; Salpetersäure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$; schwefelsaures Bleioxyd $= \dot{P}b\,\dddot{S}$ u. s. w. So sind auch senkrechte Striche, über das Zeichen des andern Stoffes gesetzt, zur Bezeichnung der Schwefelatome vorgeschlagen worden, und Puncte, unter das Zeichen gesetzt, zur Bezeichnung der Wasserstoffatome.

Die *stöchiometrische Berechnung* beruht auf Folgendem. Die Menge (M) irgend eines Bestandtheils in einer gegebenen Menge irgend einer proportionirten Verbindung wird durch zwei Factoren bestimmt, nämlich durch sein Atomgewicht (G) und durch die relative Zahl der Atome (Z), die in der Verbindung enthalten sind. 100 Theile Wasser enthalten nur 11,111 Wasserstoff auf 88,889 Sauerstoff, wiewohl von beiden Stoffen eine gleiche Atomzahl darin vorkommt, weil das Atomgewicht des Sauerstoffs 8 Mal so groſs ist, als das des Wasserstoffs; dagegen enthalten 100 Theile Schwefelsäure 40 Schwefel auf 60 Sauerstoff, wiewohl das Atomgewicht des Schwefels 2 Mal so groſs ist, als das des Sauerstoffs, weil hier 3 Atome Sauerstoff auf 1 Atom Schwefel kommen. Aus dieser Betrachtung ergeben sich ſolgende Formeln: $M = Z.g$, ferner $\frac{M}{Z} = g$ und $\frac{M}{g} = Z$.

Die erste Formel findet ihre Anwendung, wenn man die relative Menge der in einer bestimmten Menge irgend einer Verbindung enthaltenen Bestandtheile erfahren will. Man multiplicirt hier das Atomgewicht eines jeden Bestandtheils mit der Zahl der Atome, welche von ihm in das zusammengesetzte Atom eingehn, addirt die so erhaltenen Gröſsen und erhält so eine Summe (das Atomgewicht der Verbindung), von

der man weiſs, wie viel hierin jeder Bestandtheil beträgt, worauf ihre Menge durch den Dreisatz für jede andere gegebene Menge der Verbindung gefunden werden kann. Ein Beispiel möge dieses erläutern. Wie viel betragen die Bestandtheile des schwefelsauren Bleioxyds ($PbO + SO^3$) in 100 Theilen? PbO ist $103,8 + 8 = 111,8$; SO^3 ist $16 + 3 . 8 = 40$; also ist $PbO + SO^3 = 111,8 + 40 = 151,8$. Hieraus findet sich, daſs 151,8 schwefelsaures Bleioxyd enthalten: 111,8 Bleioxyd und 40 Schwefelsäure, oder, an entfernten Bestandtheilen, 103,8 Blei, 16 Schwefel und 32 Sauerstoff. Also enthalten 100 Theile schwefelsaures Bleioxyd ($151,8 : 111,8 = 100 : x$) 73,65 Theile Bleioxyd und ($151,8 : 40 = 100 : x$) 26,35 Theile Schwefelsäure, oder sie enthalten ($151,8 : 103,8 = 100 : x$) 68,38 Theile Blei, ($151,8 : 16 = 100 : x$) 10,54 Theile Schwefel und ($151,8 : 32 = 100 : x$, 21,08 Theile Sauerstoff. Folgende Tabelle macht diese Berechnungsweise noch anschaulicher:

Z. G = M	In 100	In 100
Pb 1 . 103,8 = 103,8	68,38	
O 1 . 8 = 8	5,27	
PbO = 111,8		73,65
S 1 . 16 = 16	10,54	
O 3 . 8 = 24	15,81	
SO^3 40		26,35
$PbO + SO^3$ 151,8		100,00

Mittelst der zweiten Formel findet man das Atomgewicht der Stoffe, wenn die relative Menge, nach welcher sie in einer Verbindung enthalten sind, bekannt und die Zahl der Atome, nach welcher sie mit einander verbunden sind, nach Wahrscheinlichkeitsgründen festgesetzt ist. Der Versuch habe ergeben, daſs 100 Theile Schwefelsäure 40 Schwefel und 60 Sauerstoff halten, und man nehme an, daſs hierbei je 1 Atom Schwefel mit 3 Atomen Sauerstoff verbunden ist:

$$M : Z = G$$
$$S \quad 40 : 1 = 40$$
$$O \quad 60 : 3 = 20.$$

Hiernach verhält sich das Atomgewicht des Schwefels zu

dem des Sauerstoffs $= 40:20 = 2:1$; hat man nun das des Sauerstoffs $= 8$ gesetzt, so muſs das des Schwefels $= 16$ seyn.

Die dritte Formel lehrt die Zahl der Atome in einer Verbindung ermitteln, wenn die relative Menge der Bestandtheile und ihr Atomgewicht bekannt ist. Wäre z. B. die Zusammensetzung der Schwefelsäure und das Atomgewicht des Schwefels und des Sauerstoffs bekannt, so würde nach obiger Formel folgende Berechnung vorzunehmen seyn:

$$M : G = Z$$
$$S\ 40 : 16 = 2{,}5$$
$$O\ 60 : 8 = 7{,}5.$$

Nach dieser Berechnung sind je 2,5 Atome Schwefel mit je 7,5 Atomen Sauerstoff vereinigt; die so erhaltenen Zahlen reducirt man auf möglichst einfache und erhält in diesem Falle $2{,}5 : 7{,}5 = 1:3$.

Etwas verwickelter ist folgendes Beispiel. Der Feldspath hält in 100 Theilen 16,65 Kali, 18,14 Alaunerde und 65,21 Kieselerde. Hier sind zuerst die Atomgewichte dieser 3 nähern Bestandtheile zu berechnen:

K 39,2	2 Al. 27,4	Si 14,8
O 8	3O 24	2O 16
Kali 47,2	Alaunerde 51,4	Kieselerde 30,8

	M : G	= Z
Kali	16,65 : 47,2	= 0,3528
Alaunerde	18,14 : 51,4	= 0,3528
Kieselerde	65,21 : 30,8	= 2,1172

$$0{,}3528 : 0{,}3528 : 2{,}1172 = 1:1:6;$$

also 1 Atom Kali, 1 Alaunerde, 6 Kieselerde, wohl auf folgende Weise zu einem kieselsauren Doppelsalz vereinigt: $(KO + 3SiO^2) + (Al^2O^3 + 3SiO^2)$.

Da in die meisten Verbindungen wenigstens ein Bestandtheil nur mit 1 Atom eingeht, so kann man in der Regel den kleinsten Quotienten, der durch die Division der Menge mit dem Atomgewicht erhalten wird, $=$ 1 Atom annehmen und durch Division der gröſsern Quotienten mit dem kleinsten die Atomzahl der übrigen Bestandtheile finden. Doch kommen hiervon viele Ausnahmen vor, besonders bei organischen Verbindungen. So enthalten 100 Theile krystallisirte Weinsäure

Digitized by Google

32 Theile Kohlenstoff, 4 Wasserstoff und 64 Sauerstoff. Die Berechnung giebt hier

$$\begin{array}{l} M : G = Z \\ C\ 32 : 6 = 5{,}33 \ldots \\ H\ 4 : 1 = 4 \\ O\ 64 : 8 = 8 \end{array}$$

4 : 5,33 ... = 3 : 4; 4 : 8 = 3 : 6; alſo 4 Atome Kohlenstoff, 3 Wasserstoff, 6 Sauerstoff.

Um bei dieſen stöchiometriſchen Arbeiten der Mühe der Berechnung durch den Dreiſatz zu überheben, hat Wollaston[1] die schon früher bekannten *logarithmischen Rechenstäbe* zu dieſem Behufe eingerichtet und als *chemische Aequivalentenscalen* eingeführt[2]. Auf einem, in der Mitte eines ſchmalen Bretes der Länge nach hin und her beweglichen Schieber finden ſich die Zahlen 10 bis 500 in Entfernungen, die ihren Logarithmen entſprechen, ſo daſs z. B. der Raum zwiſchen 10 und 11 ſo groſs iſt, wie der zwiſchen 100 und 110. Rechts und links von dieſem Schieber ſind auf das Bret die Namen der einfachen Stoffe und ihrer wichtigern Verbindungen an den ihren Atomgewichten entſprechenden Stellen aufgezeichnet. Wenn ſich der Schieber ganz im Bret befindet, d. h. weder oben noch unten hervorragt, ſo ſteht bei 10 Sauerstoff, bei 11,25 Waſſer, bei 12,5 Waſſerstoff 10 Atome, bei 20 Sauerstoff, 2 Atome und Schwefel, bei 30 Sauerstoff 3 Atome, bei 40 Sauerstoff 4 Atome, bei 50 Schwefelſäure, bei 130 Blei, bei 140 Bleioxyd, bei 190 ſchwefelſaures Bleioxyd u. ſ. w. So läſst ſich bei dieſer Stellung des Schiebers ſehn, daſs 190 Theile ſchwefelſaures Bleioxyd 140 Bleioxyd und 50 Schwefelſäure oder 130 Blei, 20 Schwefel und 40 Sauerstoff enthalten, denn es iſt vorausgeſetzt, daſs man die Atomzahl der Beſtandtheile kennt. Will man nun wiſſen, wie viel die Beſtandtheile in 100 Theilen ſchwefelſauren Bleioxyds betragen, ſo ſtellt man den Schieber ſo, daſs die Zahl 100 ſich beim ſchwefelſauren Bleioxyd befindet, wo ſich dann bei den Beſtandtheilen die entſprechenden Zahlen finden. Auf dieſe und mehrere andere Weiſen gewährt die

1 Thomſon Annals T. IV. p. 176.

2 Vergl. Schweigger's Journ. Th. XIV. S. 115.

Aequivalentenscale mannigfache Anwendung. Da jedoch die Zahlenbrüche an den Abtheilungen des Schiebers nicht so genau taxirt werden können, als man sie durch die Berechnung erhält, da ferner die Zahl der einfachen Stoffe und ihrer Verbindungen so groſs ist, daſs ihre Namen nicht alle auf dem Brete Platz finden, und da die Aufsuchung derselben oft mehr Zeit kostet, als die Berechnung, so hat sich der Gebrauch der Aequivalentenscale nicht sehr verbreitet.

Verhältniſs des Atomgewichtes der einfachen Stoffe zu ihrem specifischen Gewichte.

1) Bei starren und tropfbar-flüssigen Stoffen.

Enthielte 1 Maſs eines Stoffes gerade so viele Atome, wie 1 Maſs eines andern, so würden sich ihre specifischen Gewichte verhalten, wie ihre Atomgewichte. Daſs dieses jedoch bei den starren und tropf-barflüssigen Stoffen nicht der Fall ist, ergiebt sich schon vorläufig aus folgender Betrachtung. Je schwerer die Atome eines Stoffes sind, desto gröſser sind sie auch und desto weniger können auch, wenn man die Zwischenräume gleich groſs annimmt, in einem bestimmten Raume enthalten seyn; ferner zeigt die Erfahrung, daſs die Zwischenräume bei demselben Stoffe verschieden groſs seyn können, daſs z. B. ein nach dem Schmelzen erstarrtes Metall specifisch leichter ist, als ein gestrecktes; endlich dehnt sich der eine Stoff beim Erwärmen mehr aus, als der andere. Wenn also auch zwei Stoffe bei einer bestimmten Temperatur, bei gleichem Volumen gleich viele Atome enthalten sollten, so würde dieses bei jeder andern Temperatur nicht mehr der Fall seyn. Aus diesen Gründen ist bei starren und tropfbaren Stoffen überhaupt hinsichtlich der Atomzahl bei gleichem Volumen kein festes Gesetz denkbar. Die auf folgender Tabelle gegebene Vergleichung der Atomgewichte mit den specifischen Gewichten zeigt zwar, daſs im Ganzen mit gröſsern Atomgewichten auch gröſsere specifische Gewichte gegeben sind, jedoch mit vielen Ausnahmen und ohne daſs es möglich wäre, ein Gesetz zu ermitteln. Da

Digitized by Google

das specifische Gewicht entspringt aus der Zahl der Atome, die in einem bestimmten Raume enthalten sind, multiplicirt mit ihrem Gewicht, so giebt das specifische Gewicht eines jeden Stoffes, dividirt durch sein Atomgewicht, die Atomzahl bei gleichem Volumen. Die Stoffe sind in der Ordnung aufgeführt, wie der Quotient oder die Atomzahl abnimmt. Setzt man die Atomzahl des Kaliums, welche die kleinste ist, auf 1 und reducirt hiernach die übrigen Quotienten, so erhält man die Zahlen der letzten Columne. Stoffe, deren specifisches Gewicht nicht hinreichend bekannt ist, sind hinweggelassen.

Digitized by Google

	Specif. Gewicht	Atomgewicht	Atomzahl	Reducirte Atomzahl
Kohlenstoff .	3,50	6	0,583	27
Kobalt	8,70	29,6	0,294	14
Gold	19,20	66,4	0,289	13
Mangan . . .	8,00	27,6	0,289	13
Eisen	7,84	27,2	0,288	13
Nickel	8,40	29,6	0,284	13
Kupfer	8,79	31,8	0,276	12,5
Palladium . .	12,00	53,4	0,225	10,4
Titan	5,30	24,5	0,216	9,8
Platin	21,00	98,7	0,213	9,7
Zink	6,86	32,2	0,212	9,7
Rhodium . . .	11,10	52,2	0,211	9,6
Chrom	5,90	28,1	0,210	9,6
Tellur	6,24	32	0,195	9
Scheel	17,40	95	0,183	8,3
Molybdän . .	8,60	48	0,179	8,1
Kadmium . .	8,67	55,8	0,155	7
Wismuth . .	9,82	71	0,138	6,3
Quecksilber .	13,60	101,4	0,134	6
Schwefel . . .	2,00	16	0,125	5,7
Zinn	7,29	59	0,123	5,6
Blei	11,35	103,8	0,109	5
Selen	4,3	40	0,107	4,9
Silber	10,48	108,2	0,097	4,5
Arsenik . . .	5,96	75,2	0,079	3,6
Phosphor . . .	1,75	31,4	0,056	2,5
Antimon . . .	6,72	129	0,052	2,4
Natrium . . .	0,97	23,2	0,042	1,9
Uran	9,00	217	0,041	1,9
Iod	4,95	126	0,039	1,8
Brom	2,98	78,4	0,039	1,8
Chlor	1,33	35,4	0,037	1,7
Kalium . . .	0,865	39,2	0,022	1

Aus der Uebersicht dieser Tabelle ergiebt sich Folgendes.

1) Ein gleiches Maſs verschiedener starrer und tropfbarer einfacher Stoffe enthält eine sehr verschiedene Zahl von Atomen und dieselbe kann von 1 bis 27 variiren. Wenn z. B. ein Kubikzoll Kalium 1.x Atome Kalium hält, so hält ein Kubikzoll Diamant 27.x Atome Kohlenstoff. Die Zwischenräume zwischen den Atomen des Kaliums müssen daher viel gröſser seyn, als die zwischen denen des Kohlenstoffs. Welche Ursachen veranlassen die Atome der verschiedenen Stoffe, sich bald mehr, bald weniger zu nähern? Wahrscheinlich ihre verschiedene Anziehung gegen einander, ihre verschiedene Anziehung gegen die Wärme, welche die Poren ausfüllt, ihre verschiedene Gröſse und vielleicht auch ihre verschiedene Gestalt. Je gröſser die Anziehung der Atome gegen einander, die Cohäsion ist, desto dichter legen sie sich an einander. Gerade der härteste Körper, der Diamant, hält bei gleichem Volumen die gröſste Zahl von Atomen. Entweder ist seine groſse Cohäsion die Folge der groſsen Annäherung der Atome, oder diese Annäherung ist Folge der groſsen Cohäsion, d. h., der Anziehung der Kohlenstoffatome gegen einander, oder beides findet zugleich statt, d. h., die groſse Härte des Diamants entspringt aus der starken Anziehung der Kohlenstoffatome gegen einander und zugleich aus der dadurch bewirkten groſsen Annäherung derselben. Auch die übrigen Stoffe folgen sich *ungefähr* in der Ordnung ihrer Cohäsion; die härtern Metalle gehn den weichern voraus und das weiche Kalium beschlieſst die Reihe. Doch zeigen die vielfach vorkommenden Ausnahmen, daſs auſser der Cohäsion noch andere Umstände auf die Atomzahl einflieſsen.

Hierher gehört ohne Zweifel die verschiedene Anziehung der Stoffe gegen die Wärme. Je gröſser diese, desto mehr Wärme häuft sich in ihren Zwischenräumen an, desto mehr werden hierdurch die Atome aus einander gehalten. Mit dieser gröſsern Anziehung zur Wärme ist auch die Neigung der Stoffe, mit ihr elastische Flüssigkeiten zu bilden, verknüpft, und so findet es sich, daſs die fixeren, also die mit geringerer Anziehung gegen die Wärme begabten Stoffe, wie Kohlenstoff und die fixeren Metalle, eine gröſsere Atomzahl besitzen, als Schwefel, Selen, Phosphor, Iod, Brom, Chlor und die flüchtigeren Metalle. Nur das flüchtige Zink und

Tellur und das feuerbeständige Silber und Uran machen hiervon eine Ausnahme.

Endlich hat ohne Zweifel auch die Gröſse der Atome einen Einfluſs auf die Atomzahl. Je schwerer, also auch je gröſser die Atome sind, desto weniger können bei gleich groſsen Zwischenräumen in einem bestimmten Volumen Platz haben. Dieses ist vielleicht eine der Ursachen, warum das Uran eine so geringe Atomzahl besitzt, und warum die des Natriums, dessen Atomzahl nur 23,2 beträgt, fast doppelt so groſs ist, als die des Kaliums, dessen Atomgewicht = 39,2. Auch die groſse Atomzahl des Kohlenstoffs ist zum Theil von seinem kleinen Atomgewichte abzuleiten. Wenn übrigens auch nach diesen Beispielen kaum zu bezweifeln seyn möchte, daſs die Anziehung der Atome gegen einander und gegen die Wärme, so wie ihr Gewicht auf die Zahl der Atome bei gleichem Volumen einen groſsen Einfluſs ausüben, so kommen doch zu viele Ausnahmen vor, als daſs man diese Umstände als die einzigen, von welchen die Atomzahl abhängt, betrachten könnte.

2) Viele Elemente, die sich in ihren übrigen Verhältnissen nahe stehn, zeigen ungefähr die gleiche Atomzahl, z. B. Kobalt, Mangan, Eisen, Nickel und Kupfer; Platin und Rhodium; Scheel und Molybdän; Iod, Brom und Chlor. Auch ist die Atomzahl des Arseniks die anderthalbfache von der des Phosphors und Antimons, die des Natriums beinahe die doppelte von der des Kaliums.

3) Da die starren und tropfbaren einfachen Stoffe nur selten bei gleichen Maſsen eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten, so kann es nur selten vorkommen, daſs sie sich nach einfachen Maſsverhältnissen vereinigen. Wollte man z. B. 1 Kubikzoll Schwefel mit 1 Kubikzoll Blei zusammenbringen, so würden je 5,7 Atome Schwefel auf 5 Atome Blei kommen, also, da sich beide Stoffe nach gleicher Zahl der Atome vereinigen, ein Theil des Schwefels unverbunden bleiben. Dagegen würden mehr als 2 Kubikzoll Schwefel nöthig seyn, um 1 Kubikzoll Eisen in Einfachschwefeleisen zu verwandeln, da sich die Atomzahl bei gleichem Volumen verhält = 5,7 : 13. Ueberhaupt finden nach Ausweis der Tabelle so vielfache Verschiedenheiten in der Atomzahl bei gleichem Volumen statt, daſs auch durch Multiplication des Volumens des einen Stoffs

Digitized by Google

mit $1\frac{1}{3}$, $1\frac{1}{2}$, 2 u. s. w. keine genauen Verhältnisse herauskommen. Berücksichtigt man auſserdem, daſs dasselbe Metall, je nachdem es gestreckt ist oder nicht, eine verschiedene Atomzahl besitzen muſs, daſs sich ferner die Stoffe beim Erwärmen verschieden stark ausdehnen und ein, etwa bei einer gewissen Temperatur gefundenes Gesetz, bei jeder andern unrichtig seyn würde, so wird es klar, daſs die Bestrebungen von Meinecke[1] und von Frère de Montizon[2], bei starren und tropfbaren Stoffen einfache Maſsverhältnisse aufzufinden, nach welchen sie sich vereinigen sollten, erfolglos bleiben muſsten.

2) Bei elastisch-flüssigen Stoffen.

Wie bereits bei der Erörterung über die Zahl der Wasserstoffatome im Wasser auseinandergesetzt worden ist, so steht das Atomgewicht der elastischen Flüssigkeiten, sie seyen permanentere oder Dämpfe, sie seyen einfach oder zusammengesetzt, in einem bestimmten einfachen Verhältnisse zu ihrem specifischen Gewichte. Folgende Tabelle wird dieses anschaulicher machen, auf welcher zur Vervollständigung der Uebersicht nach den einfachen Gasen auch mehrere zusammengesetzte aufgeführt sind, mit Bezeichnung ihrer Zusammensetzung durch chemische Formeln auf der letzten Columne. Die in dieser Tafel vorkommenden specifischen Gewichte, bei welchen das der Luft = 1 angenommen ist, sind gröſstentheils das aus mehreren Bestimmungen berechnete Mittel. Die so schwierigen und deshalb nicht immer eine genaue Uebereinstimmung gewährenden Bestimmungen des specifischen Gewichts vieler Dämpfe verdanken wir Dumas und Mitscherlich und ihre Angaben sind durch D und M bezeichnet. Wie auf der vorigen Tafel, giebt auch hier das specifische Gewicht, durch das Atomgewicht dividirt, die Zahl der Atome bei gleichem Volumen. Bei der Reduction der so erhaltenen Zahlen auf einfachere Verhältnisse wurde die Atomzahl des Phosphorwasserstoffgases und der folgenden = 1 gesetzt.

1 Dessen chemische Meſskunst. Halle u. Leipz. 1815.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 7.

Digitized by Google

	Specifisches Gewicht		Atomgewicht	Atomzahl	Reducirte Atomzahl	
Schwefel . .	6,9000	M	16	0,4312	12	
Phosphor . .	4,4200	D	31,4	0,1408	4	
Arsenik . . .	10,6000	M	75,2	0,1423	4	
Sauerstoff . .	1,1093		8	0,1386	4	
Wasserstoff .	0,0693		1	0,0693	2	
Iod	8,7160	D	126	0,0691	2	
Brom	5,5400	M	78,4	0,0709	2	
Chlor	2,4543		35,4	0,0693	2	
Stickstoff . .	0,9706		14	0,0693	2	
Quecksilber .	6,9760	D	101,4	0,0688	2	
Oelerzeugendes Gas	0,9706		7	0,1386	4	CH
Arsenige Säure	13,8500	M	99,2	0,1396	4	AsO^3
Wasser . . .	0,6239		9	0,0693	2	HO
Kohlenoxyd	0,9709		14	0,0693	2	CO
Kohlensäure .	1,5252		22	0,0693	2	CO^2
Kohlenwasserstoff . . .	0,5546		8	0,0693	2	CH^2
Schweflige Säure . . .	2,2186		32	0,0693	2	SO^2
Schwefelsäure	3,0000	M	40	0,0750	2	SO^3
Hydrothionsäure . . .	1,1786		17	0,0693	2	SH
Schwefelkohlenstoff . .	2,6345		38	0,0693	2	CS^2
Selenige Säure	4,0000	M	56	0,0714	2	SeO^2
Phosgen . . .	3,4249		49,4	0,0693	2	$CClO$
Halb-Chlor-Schwefel .	4,7000	D	67,4	0,0696	2	S^2C
Stickoxydul .	1,5252		22	0,0693	2	NO
Chlorsilicium	5,9390	D	85,6	0,0693	2	$SiCl^2$
Fluorsilicium	3,6050		52,2	0,0690	2	SiF^2
Chlortitan . .	6,8360	D	95,3	0,0716	2	$TiCl^2$
Doppelt-Chlor-Zinn . . .	9,1997	D	129,8	0,0708	2	$SnCl^2$
Einfach-Iod-Quecksilber	15,9000	M	227,4	0,0699	2	HgI
Einfach-Brom-Quecksilber	12,1600	M	179,8	0,0676	2	$HgBr$

Digitized by Google

	Specifisches Gewicht		Atomgewicht	Atomzahl	Reducirte Atomzahl	
Einfach-Chlor-Quecksilber	9,8000	M	136,8	0,0716	2	Hg Cl
Cyan	1,8026		26	0,0693	2	NC^2
Aether	2,5652		37	0,0693	2	C^4H^5O
Klee-Naphtha	5,0870		73	0,0697	2	$C^6H^5O^4$
Zinnober . . .	5,5100	M	117,4	0,0469	$1\frac{1}{3}$	Hg S
Phosphorwasserstoff . .	1,1910		34,4	0,0346	1	PH^3
Hydriodsäure	4,3677		127	0,0344	1	I H
Chloroxyd . .	2,3365		67,4	0,0347	1	ClO^4
Salzsäure . .	1,2618		36,4	0,0347	1	Cl H
Chlor-Boron	3,9420	D	116,7	0,0338	1	BCl^3
Dreifach-Chlor-Phosphor .	4,8750	D	137,6	0,0354	1	PCl^3
Fluor-Boron	2,3124		66,6	0,0347	1	BF^3
Stickoxyd . .	1,0399		30	0,0346	1	NO^2
Untersalpetersäure . . .	1,7200	M	46	0,0373	1	NO^4
Ammoniak . .	0,5893		17	0,0346	1	NH^3
Arsenikwasserstoff	2,6950	D	78,2	0,0345	1	AsH^3
Dreifach-Iod-Arsenik . .	16,1000	M	453,2	0,0355	1	AsI^3
Dreifach-Chlor-Arsenik . .	6,3006	D	181,4	0,0347	1	$AsCl^3$
Dreifach-Chlor-Antimon . .	7,8000	M	235,2	0,0332	1	$SbCl^3$
Halb-Brom-Quecksilber	10,1400	M	281,2	0,0360	1	Hg^2Br
Halb-Chlor-Quecksilber	8,3500	M	238,2	0,0350	1	Hg^2Cl
Blausäure . .	0,9359		27	0,0346	1	NC^2H
Chlor-Cyan	2,1285		61,4	0,0346	1	NC^2Cl
Weingeist . .	1,5946		46	0,0346	1	$C^4H^6O^2$
Essig-Naphtha	3,0670		88	0,0346	1	$C^8H^8O^4$
Fünffach-Chlor-Phosphor .	4,8500	M	208,4	0,0233	$\frac{2}{3}$	PCl^5

Digitized by Google

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, daſs alle einfache und zusammengesetzte Stoffe, wenn sie sich im elastisch-flüssigen Zustande befinden, mit Ausnahme von zweien, bei gleichen Maſsen entweder 1, 2, 4 oder 12 Mal x Atome enthalten, und hiernach zerfallen sie in folgende Classen:

1) *Zwölfatomige Gase:* Schwefel.

2) *Vieratomige Gase:* Sauerstoff, Phosphor, Arsenik, ölerzeugendes Gas und arsenige Säure.

3) *Zweiatomige Gase:* Wasserstoff, Iod, Brom, Chlor, Stickstoff, Quecksilber, Wasser, Kohlenoxyd, Kohlensäure u. s. w.

4) *Einatomige Gase* kommen bloſs bei zusammengesetzten Stoffen vor, wie Phosphorwasserstoff, Hydriodsäure, Salzsäure u. s. w.

Als Ausnahmen bleiben der Zinnober, welcher ein $\frac{4}{3}$ atomiges Gas, und der Fünffach-Chlor-Phosphor, welcher ein $\frac{8}{3}$ atomiges Gas bildet. Läſst man vor der Hand diese ganz einzeln stehenden Fälle bei Seite, so läſst sich derSatz so aussprechen: wenn ein Stoff Gasgestalt annimmt, so umgeben sich die Atome desselben mit Wärmesphären, deren Gröſse bei verschiedenen Materien theils gleich ist, theils in einfachen Verhältnissen abweicht, indem sich das Volumen der Wärmesphären verhält wie 1 (bei zwölfatomigen Gasen): 3 (bei vieratomigen): 6 (bei zweiatomigen): 12 (bei einatomigen). Je kleiner die Gaskugeln, d. h. die Atome mit ihren Wärmesphären sind, eine desto gröſsere Zahl derselben geht in denselben Raum, also z. B. von den Gaskugeln des Schwefels 12 Mal so viel, als von den 12 Mal so groſsen Gaskugeln der Salzsäure.

Daſs bei den gasförmigen Stoffen ein bestimmtes Verhältniſs zwischen Atomgewicht und specifischem Gewicht statt findet, bei den starren und tropfbaren nicht, ist von folgenden Ursachen abzuleiten. Bei letzteren bewirkt die verschieden groſse Cohäsion eine verschieden starke Annäherung der Atome und dadurch eine verschiedene Weite der Zwischenräume; bei den Gasarten dagegen ist die Cohäsion aufgehoben. Ferner hat bei den festen und flüssigen Stoffen die verschiedene Gröſse der Atome bedeutendern Einfluſs; je gröſser sie sind, desto weniger reichen, wenn die Zwischenräume nicht unverhält-

niſsmäſsig verengert werden, zur Ausfüllung eines bestimmten Raumes hin. Bei den Gasarten dagegen, wo jedes Atom mit einer Wärmesphäre umgeben ist, die oft mehr als das Tausendfache vom Volumen des Atoms betragen mag, hat die im Verhältniſs hierzu höchst unbedeutende Differenz der Gröſse der Atome verschiedener Stoffe auf die Gröſse der Gaskugeln keinen Einfluſs. Warum jedoch die Gaskugeln je nach der Natur des Stoffs ein ein-, drei-, sechs- oder zwölffaches Volumen besitzen, hiervon läſst sich bis jetzt kein Grund, auch nur vermuthungsweise, angeben.

Es ergiebt sich aus diesem einfachen Verhältnisse, in welchem specifisches und Atomgewicht der gasförmigen Stoffe zu einander stehn, daſs, um zwei gasförmige Stoffe nach gleicher Zahl der Atome zusammenzubringen, in dem Falle gleiche Maſse beider Gase nöthig sind, wenn sie zu derselben Classe gehören, dagegen mehrere Maſse des einen Gases auf eines des andern, wenn das letztere bei gleichen Maſsen mehr Atome enthält. So verdichtet sich 1 Maſs salzsaures Gas genau mit 1 Maſs Ammoniakgas zu Salmiak, weil beide Gase einatomig sind; dagegen sind auf 1 Maſs Sauerstoffgas 2 Maſs Wasserstoffgas zur Bildung von Wasser nöthig, weil das Sauerstoffgas vier- und das Wasserstoffgas zweiatomig ist. Ein Maſs des zwölfatomigen Schwefeldampfes würde 3 Maſs eines vieratomigen, 6 eines zweiatomigen und 12 eines einatomigen Gases nöthig haben, wenn eine Verbindung nach gleicher Atomzahl statt finden sollte. Hätte man 1 Atom eines Stoffes mit $1\frac{1}{2}$, 2, 3 oder mehr Atomen des andern zu vereinigen, so wären die bei gleicher Atomzahl nöthigen Maſse des letztern Stoffes mit einer dieser Zahlen zu multipliciren. Es finden daher alle Verbindungen der gasförmigen Stoffe nach einfachen Maſsverhältnissen statt und es sind folgende bekannt: 1 Maſs zu 1 Maſs (salzsaures und Ammoniakgas); 1:2 (Sauerstoff- und Wasserstoffgas zu Wasser); 1:3 (Stick- und Wasserstoffgas zu Ammoniak); 1:4 (Stick- und Wasserstoffgas zu Ammonium); 1:6 (Schwefeldampf und Wasserstoffgas zu Hydrothionsäure); 1:9 (Schwefeldampf und Sauerstoffgas zu Schwefelsäure); 1:10 (Phosphordampf und Chlorgas zu Fünffach-Chlor-Phosphor); 2:3 (Stickgas und Sauerstoffgas zu Untersalpetersäure); 2:5 (Stickgas und Sauerstoffgas zu Salpetersäure); 2:7 (Chlorgas und Sauerstoffgas zu Ue-

Digitized by Google

berchlorsäure); 3:4 (Sauerstoffgas und Stickoxydgas zu Salpetersäure).

Da fast alle einfache Stoffe durch höhere Temperatur in den elastisch-flüssigen Zustand versetzt werden können, und da es nicht zu bezweifeln ist, daſs diejenigen, bei denen dieses noch nicht gelungen ist, wie Kohlenstoff, hierzu nur einer höhern Temperatur bedürfen, als man bis jetzt hervorzubringen vermochte, und daſs diese fixeren Stoffe in ihrem Gaszustande dasselbe einfache Verhältniſs zwischen Atomgewicht und specifischem Gewicht zeigen werden, wie die flüchtigeren Stoffe, so hat man versucht, nach Wahrscheinlichkeitsgründen das specifische Gewicht der Dämpfe auch solcher Stoffe zu berechnen, welche theils noch gar nicht in den Dampfzustand versetzt worden sind, theils zu ihrer Verdampfung einer zu hohen Temperatur bedürfen, als daſs es möglich wäre, das specifische Gewicht des Dampfes direct zu bestimmen. Das Kohlenoxyd besteht z. B. aus 6 Theilen (1 Atom) Kohlenstoff und 8 Theilen (1 Atom) Sauerstoff, die Kohlensäure aus 6 (1 Atom) Kohlenstoff und 16 (2 Atomen) Sauerstoff. Nimmt man an, der Kohlenstoffdampf sey gleich dem Sauerstoffgas ein vieratomiges Gas, so müssen im Kohlenoxydgas, welches gleich viel Atome beider Stoffe enthält, gleiche Maſse Kohlenstoffdampf und Sauerstoffgas enthalten seyn, und im kohlensauren Gas, worin 2 Atome Sauerstoff auf 1 Kohlenstoff, 2 Maſs Sauerstoffgas auf 1 Maſs Kohlenstoffdampf. Das specifische Gewicht des Sauerstoffgases muſs sich hiernach zu dem des Kohlenstoffdampfes verhalten $= 8:6$, und da das Sauerstoffgas 1,1093 ist, so findet sich hiernach das specifische Gewicht des Kohlenstoffdampfes $= 0{,}832$, d. h. wenn 1 Maſs Kohlenstoffdampf unter einem bestimmten äuſsern Drucke und bei einer bestimmten Temperatur 0,832 wiegt, so wiegt ein gleiches Maſs Luft unter denselben Umständen 1,000. Nimmt man dagegen an, der Kohlenstoffdampf gehöre in die Classe der zweiatomigen Gase, und es seyen im Kohlenoxydgas 2 Maſs, im kohlensauren Gase 1 Maſs Kohlenstoffdampf mit 1 Maſs Sauerstoffgas vereinigt, dann verhält sich das specifische Gewicht des Sauerstoffgases zu dem des Kohlenstoffdampfes $= 8:3 = 1{,}1093:0{,}416$. Wiewohl letztere Annahme die wahrscheinlichere ist, so läſst sich dieses doch nicht beweisen, und es wäre selbst möglich, daſs

der Kohlenstoffdampf in die Classe der zwölfatomigen Gase gehörte. Nach ähnlichen Wahrscheinlichkeitsgründen läſst sich auch das specifische Gewicht des Dampfes des Borons und der fixeren Metalle berechnen.

D. Qualitätsänderung der Stoffe bei ihrer chemischen Verbindung.

Da bei der chemischen Verbindung aus heterogenen Stoffen eine homogene Masse entsteht, so ist hiermit nothwendig eine Abänderung der Eigenschaften der Bestandtheile verknüpft. Diese Abänderung ist bei den loseren Verbindungen sehr unbedeutend, und beträgt oft nur gerade so viel, als nöthig ist, um die Verschiedenartigkeit der Bestandtheile verschwinden zu machen. So verliert das Kochsalz bei seiner Auflösung im Wasser seinen festen Zustand und ertheilt dem Wasser seinen salzigen Geschmack und ungefähr ein mittleres specifisches Gewicht. Dagegen weichen die Eigenschaften einer innigen Verbindung fast in jeder Beziehung wesentlich von denen der Bestandtheile ab. Der geschmacklose Sauerstoff liefert mit dem fast geschmacklosen Schwefel die höchst saure Schwefelsäure, der feste Kohlenstoff mit dem festen Schwefel den flüssigen Schwefelkohlenstoff, das graue Quecksilber mit dem gelben Schwefel den rothen Zinnober u. s. w. Wiewohl alle Stoffe, die zu einer Verbindung zusammentreten, auf die Eigenschaften derselben einen Einfluſs ausüben, so ist dieses doch in verschiedenem Grade der Fall; der eine Bestandtheil trägt mehr dazu bei, der Verbindung ihren bestimmten physikalischen und chemischen Charakter zu ertheilen, als der andere, der eine ist *formender*, als der andere, welcher mehr als Grundlage dient. So sind die Metalle mehr als Grundlagen, die nicht metallischen Stoffe mehr als formende Principien zu betrachten. Erstere bringen, wenn sie ein bedeutendes specifisches Gewicht besitzen, vorzüglich dieses in die Verbindungen; letztere dagegen heben gewöhnlich den Metallglanz, die Undurchsichtigkeit, die leichte Leitungsfähigkeit für Elektricität und Wärme, wodurch die Metalle ausgezeichnet sind, auf, und ertheilen ihnen einen bestimmten chemischen Charakter. Die Verbindungen des Sauerstoffes mit Metallen haben viel mehr Aehnlichkeit unter einander, desgleichen

die Chlormetalle, Schwefelmetalle u. s. w., als die Verbindungen eines und desselben Metalls mit Sauerstoff, Chlor, Schwefel u. s. w. Als das formendste Princip, nicht bloſs für Metalle, sondern auch für die übrigen Nichtmetalle, ist der Sauerstoff zu betrachten, dessen Verbindungen (Säuren, Salzbasen) sowohl in physikalischer als in chemischer Hinsicht am meisten ausgezeichnet sind.

Die Qualitätsänderung läſst sich vorzüglich nach folgenden Eigenschaften betrachten.

a) Dichtigkeit.

In den meisten Fällen nimmt die neue Verbindung einen kleineren Raum ein, als die Bestandtheile zusammen vor ihrer Verbindung; es tritt Verdichtung ein, seltener erfolgt umgekehrt Ausdehnung, nur sehr selten keines von beiden.

1) Die Stoffe vereinigen sich ohne Volumensänderung, und das specifische Gewicht der Verbindung ist genau das Mittel der specifischen Gewichte der Bestandtheile. Dieser seltene Fall kommt nie bei der Verbindung starrer und tropfbarer Stoffe vor, sondern nur bei der einiger gasförmigen, wobei sich immer 1 Maſs des einen Gases mit 1 Maſs des andern zu 2 Maſs der gasförmigen Verbindung vereinigt.

So bildet	1 Maſs	mit 1 Maſs	2 Maſs
	Ioddampf	Wasserstoffgas	hydriodsaures Gas
	Bromdampf	Wasserstoffgas	hydrobromsaures Gas
	Chlorgas	Wasserstoffgas	salzsaures Gas
	Cyangas	Wasserstoffgas	Blausäuredampf
	Stickgas	Sauerstoffgas	Stickoxydgas
	Cyangas	Chlorgas	Chlorcyandampf.

2) Die Vereinigung erfolgt unter Volumensverminderung, Verdichtung; das specifische Gewicht der neuen Verbindung ist gröſser, als das aus dem specifischen Gewichte der Bestandtheile berechnete Mittel.

Sind die Bestandtheile elastisch-flüssig und ist es die neue Verbindung ebenfalls, so steht das Volumen derselben zu dem der Bestandtheile in einem einfachen Verhältnisse. Hier giebt es folgende Fälle:

Digitized by Google

Es verbinden sich:

	Maſs	mit	Maſs	zu	Maſs	Verdichtung von	Verdichtung zu
1	Schwefeldampf	6	Sauerstoffgas	6	Schwefligsaures Gas	7	6
1	— —	6	Wasserstoffgas	6	Hydrothionsaures Gas		
1	Phosphordampf	6	Wasserstoffgas	4	Phosphorwasserstoffgas		
1	— —	6	Chlorgas	4	Dreifach-Chlor-Phosphordampf		
1	Arsenikdampf	6	Wasserstoffgas	4	Arsenik-Wasserstoffgas	7	4
1	— —	6	Ioddampf	4	Iod-Arsenikdampf		
1	— —	6	Chlorgas	4	Chlor-Arsenikdampf		
1	Schwefeldampf	9	Sauerstoffgas	6	Schwefelsäuredampf	10	6
1	Phosphordampf	10	Chlorgas	6	Fünffach-Chlor-Arsenikdampf	11	6
1	Sauerstoffgas	2	Wasserstoffgas	2	Wasserdampf		
1	— —	2	Kohlenoxydgas	2	Kohlensaures Gas		
1	— —	2	Stickgas	2	Stickoxydulgas		
1	Stickgas	2	Sauerstoffgas	2	Untersalpetersäuredampf	3	2
1	Chlorgas	2	Sauerstoffgas	2	Chloroxydgas		
1	Bromdampf	2	Quecksilberdampf	2	Halb-Brom-Quecksilberdampf		
1	Chlorgas	2	Quecksilberdampf	2	Halb-Chlor-Quecksilberdampf		
1	Stickgas	3	Wasserstoffgas	2	Ammoniakgas	4	2
1	Kohlenoxydgas	1	Chlorgas	1	Phosgengas		
1	Quecksilberdampf	1	Ioddampf	1	Einfach-Iod-Quecksilberdampf		
1	— —	1	Bromdampf	1	Einfach-Brom-Quecksilberdampf	2	1
1	— —	1	Chlorgas	1	Einfach-Chlor-Quecksilberdampf		
1	Schwefeldampf	3	Chlorgas	1	Halb-Chlor-Schwefeldampf		
1	Arsenikdampf	3	Sauerstoffgas	1	Arsenig-Säuredampf	4	1

Nimmt man hypothetisch das specifische Gewicht des Kohlenstoffdampfs = 0,416 an, wonach er zu den zweiatomigen Gasen zu rechnen wäre, so ergeben sich noch folgende Fälle.

Es verbinden sich:

	Maſs	mit	Maſs	zu	Maſs	Verdichtung von	Verdichtung zu
1	Schwefeldampf	3	Kohlenstoffdampf	3	Schwefelkohlenstoffdampf	4	3
1	Sauerstoffgas	2	Kohlenstoffdampf	2	Kohlenoxydgas	3	2
1	Sauerstoffgas	1	Kohlenstoffdampf	1	Kohlensaures Gas	2	1
1	Stickgas	2	Kohlenstoffdampf	1	Cyangas	3	1
1	Kohlenstoffdampf	2	Wasserstoffgas	1	Kohlenwasserstoffgas		
2	Kohlenstoffdampf	2	Wasserstoffgas	1	Oelerzeugendes Gas	4	1

Wollte man das specifische Gewicht des Kohlenstoffdampfs doppelt so groſs, nämlich zu 0,832 setzen und ihn also zu den vieratomigen Gasen rechnen, wie es häufig geschieht, so wären 2 Maſs Schwefeldampf mit 3 Maſs Kohlendampf zu 6 Maſs Schwefelkohlenstoffdampf vereinigt; wir hätten also hier das vielleicht einzig stehende Beispiel einer Volumensvermehrung bei Gasverbindungen, nämlich von 5 : 6; auch dieser Umstand macht die Hypothese, daſs der Kohlenstoffdampf ein zweiatomiges Gas ist, wahrscheinlicher.

Daſs das Volumen einer gasförmigen Verbindung zu dem ihrer gasförmigen Bestandtheile in einem einfachen Verhältnisse steht, geht aus der früher mitgetheilten Thatsache, daſs die specifischen Gewichte der zusammengesetzten Gase zu ihrem Atomgewicht ein einfaches Verhältniſs zeigen, als nothwendige Folge hervor. So wie dagegen bei den starren und tropfbaren Stoffen kein einfaches Verhältniſs zwischen specifischem Gewicht und Atomgewicht aufzufinden war, so steht auch die Verdichtung, welche bei ihrer Verbindung statt findet, in keinem einfachen Verhältnisse zum Volumen vor der Ver-

Digitized by Google

bindung. Ebenso wenig zeigt sich ein solches, wenn eine aus zwei Gasen gebildete Verbindung in ihrem tropſbaren oder festen Zustande mit dem Volumen ihrer gasigen Bestandtheile verglichen wird, z. B. das Volumen des Wassers oder Eises mit dem des Sauerstoff- und Wasserstoffgases, woraus es gebildet wurde, oder das Volum des Salmiaks mit dem des salzsauren und Ammoniakgases. Wiewohl daher bei den meisten Verbindungen zu tropſbar-flüssigen oder festen Körpern mehr oder weniger bedeutende Verdichtungen statt finden, so scheinen sie keinen bestimmten Gesetzen unterworfen zu seyn.

3) Es ist nur ein Beispiel bekannt, wo sich gasförmige Stoffe unter *Ausdehnung* verbinden; wenigstens ist nach der von Mitscherlich gegebenen Bestimmung des specifischen Gewichts des Zinnoberdampfs anzunehmen, daſs sich 1 Maſs Schwefeldampf mit 6 Maſs Quecksilberdampf zu 9 Maſs Zinnoberdampf vereinigt, also Ausdehnung von 7:9. Dieser Fall ist nicht bloſs einzig wegen der Ausdehnung, sondern auch insofern, als der Zinnoberdampf hinsichtlich der Atomzahl eine eigene Classe von Gasen bilden würde, die zweidrittelatomigen. Diese beiden Anomalieen lassen wünschen, daſs der ausgezeichnete Forscher, dem wir diese Gewichtsbestimmung verdanken, dieselbe einer sorgfältigen Prüfung unterwerfen möge.

Bei der Verbindung starrer und tropſbarer Stoffe tritt bisweilen Ausdehnung ein, so daſs das specifische Gewicht der Verbindung unter dem durch Berechnung gefundenen Mittel liegt. Das auffallendste Beispiel zeigt der Schwefelkohlenstoff, dessen specifisches Gewicht 1,272 beträgt, während das des Schwefels 2,000 und das des Kohlenstoffs im Diamant 3,500 und selbst in der Kohle 1,573 beträgt. Viel geringere Ausdehnungen sind bemerkt worden bei den Verbindungen des Iods mit Blei, Quecksilber oder Silber, des Schwefels mit Arsenik (im rothen Schwefelarsenik) oder Kadmium und des Kupfers mit Blei, Gold oder Platin.

b) Aggregatzustand.

Die neue Verbindung ist bei gewöhnlicher Temperatur entweder starr oder tropſbar oder elastisch-flüssig.

I. Eine *starre Verbindung* kann entstehn:

1) Aus zwei Gasen. *Verdichtung, Condensation.* Salzsaures Gas verdichtet sich mit Ammoniakgas zu Salmiak.

Digitized by Google

2) Aus einem gasförmigen und einem tropfbaren Stoffe. *Verschluckung, Absorption.* Quecksilber verwandelt sich durch Absorption von Chlorgas in Chlorquecksilber, von Sauerstoffgas in Quecksilberoxyd.

3) Aus einem gasförmigen und einem starren Stoffe. Ebenfalls Absorption. Eisen und andere starre Metalle absorbiren in der Hitze Sauerstoffgas. Natronhydrat absorbirt kohlensaures Gas, starre Verbindungen erzeugend.

4) Aus zwei tropfbaren Stoffen. Quecksilber und Brom liefern Bromquecksilber.

5) Aus einem tropfbar-flüssigen und einem starren Stoffe. Gebrannter Kalk zerfällt mit $\frac{1}{3}$ seines Gewichts Wasser zu trockenem Kalkhydrat; gebrannter Gyps erhärtet mit Wasser zu Krystallwasser haltendem Gyps. Quecksilber bildet mit vielen Metallen starre Amalgame.

6) Aus zwei starren Stoffen. Meistens durch *Zusammenschmelzung.* Schwefel und Metalle; Metalle unter einander.

II. Eine *tropfbare Verbindung* bildet sich:

1) Aus zwei Gasen. *Verdichtung, Condensation.* Wasserstoffgas bildet mit Sauerstoffgas Wasser.

2) Aus einem elastisch- und einem tropfbar-flüssigen Stoffe. Wiederum *Absorption.* Wasser verschluckt das salzsaure Gas, wässerige Salzsäure bildend.

3) Aus einem gasförmigen und einem starren Stoffe. Ebenfalls Absorption. Arsenik, Antimon und Zinn bilden unter Verschluckung von Chlorgas ein tropfbares Chlormetall.

4) Aus zwei tropfbaren Flüssigkeiten. *Mischung im engsten Sinne.* Wasser und Weingeist, Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel.

5) Aus einer bei gewöhnlicher oder etwas höherer Temperatur tropfbar-flüssigen und einer festen Materie. *Auflösung auf nassem Wege.* Salz und Wasser, Campher und Weingeist, Schwefel und Fette.

6) Aus zwei starren Stoffen. Theils in der Hitze, wie Schwefel und Kohlenstoff, theils schon in der Kälte, wie Salz und Eis.

III. Eine bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdruck elastisch-flüssige Verbindung entsteht nur ent-

Digitized by Google

weder aus zwei permanenteren Gasen, wie Wasserstoffgas und Chlorgas, oder aus einem permanenteren Gase und einer tropfbaren Flüssigkeit, wie Wasserstoffgas und Brom, oder aus einem permanenteren Gase und einem starren Stoffe, wie Sauerstoffgas und Kohlenstoff, dagegen nie aus zwei tropfbaren Flüssigkeiten oder zwei starren Stoffen oder einem tropfbaren und einem starren Stoffe. Hieraus läſst sich schlieſsen, daſs, wenn von den bis jetzt unzerlegten Stoffen einige zusammengesetzt sind, dieses vorzugsweise die starren seyn müssen, da sich aus gasförmigen Stoffen starre Verbindungen erzeugen lassen, nicht aber aus starren Stoffen gasförmige Verbindungen. Je weniger die Affinität der wägbaren Stoffe gegen einander befriedigt ist, je einfacher sie sind, desto mehr Affinität zeigen sie dann noch gegen die Wärme, desto mehr Elasticität besitzen sie.

c) Krystallform.

Selten haben die Verbindungen dieselbe Krystallform, wie einer ihrer Bestandtheile; so krystallisirt das Kupfer und das Kupferoxydul, desgleichen das Silber und das Chlorsilber in Gestalten des so häufig vorkommenden regelmäſsigen Systems. In der Regel jedoch haben die Verbindungen eine von der der Bestandtheile verschiedene Krystallgestalt und, wenn sie auch zu demselben System gehören sollte, doch mit abweichenden Winkeln. Es wäre ein groſser Fortschritt in der Erkenntniſs des innersten Wesens der Stoffe, wenn man aus ihrer Krystallform die ihrer Verbindungen in voraus bestimmen könnte. Bis jetzt ist es nicht gelungen, hierfür Gesetze aufzufinden. Die Schwierigkeit liegt theils darin, daſs man die Krystallform vieler der wichtigsten einfachen Stoffe gar nicht kennt, wie die des Sauerstoffes, Wasserstoffes, Stickstoffes, Chlors u. s. w., theils in dem *Dimorphismus*[1]; denn da hiernach derselbe einfache oder zusammengesetzte Stoff, je nach den Umständen, Krystallformen annehmen kann, welche zwei verschiedenen Systemen angehören, oder, wenn auch demselben Systeme, doch mit solchen Winkelverschiedenheiten, daſs die Formen nicht auf einander reducirt werden können, so wird

---

1 S. Art. *Krystallogenie.* Bd. V. S. 1851.

Digitized by Google

der Schluſs von der Form der Bestandtheile auf die der Verbindung sehr erschwert.

Dasjenige, was über den Einfluſs der Bestandtheile auf die Krystallform der Verbindung bekannt ist, bildet die bereits[1] abgehandelte Lehre vom *Isomorphismus*, zu welcher nur noch einige neu aufgefundene Thatsachen gefügt werden sollen. Arsenik und Antimon krystallisiren in spitzen Rhomboedern mit kaum abweichenden Winkeln. Arsenige Säure (AsO^3) nimmt meistens die Gestalt des regelmäſsigen Oktaeders an, bisweilen auch die einer geraden rhombischen Säule; das Antimonoxyd (SbO^3) krystallisirt meistens in letzterer Gestalt, z. B. im Weiſsspieſsglanzerz, bisweilen aber auch in regelmäſsigen Oktaedern. Also sind isomorph Arsenik und Antimon, desgleichen arsenige Säure und Antimonoxyd, und letztere sind zugleich dimorph. Auch viele Doppelsalze, welche arsenige Säure als eine Basis enthalten, sind mit dem entsprechenden Doppelsalz des Antimonoxyds gleich geformt, mit Ausnahme des Brechweinsteins, welche von einem Dimorphismus abzuleiten seyn möchte. Ferner schlieſst sich den früher aufgezählten drei isomorphen Säuren, Schwefelsäure (SO^3), Selensäure (SeO^3) und Chromsäure (CrO^3), noch die Mangansäure (MnO^3) an; denn das mangansaure Kali hat dieselbe Krystallgestalt, wie das schwefel-, selen- oder chromsaure Kali. Es zeigen ferner dieselbe Gestalt einer geraden rhombischen Säule: das überchlorsaure Kali ($KO + ClO^7$) und das übermangansaure Kali ($KO + Mn^2O^7$), also sind Ueberchlorsäure und Uebermangansäure mit einander isomorph und 2 Atome Mangan können in den Krystallen 1 Atom Chlor ohne Aenderung der Gestalt vertreten. Endlich krystallisiren in Quadratoktaedern mit kaum abweichenden Winkeln: scheelsaurer Kalk ($CaO + WO^3$), scheelsaures Bleioxyd ($PbO + WO^3$) und molybdänsaures Bleioxyd ($PbO + MoO^3$), wodurch einerseits der Isomorphismus von Scheelsäure und Molybdänsäure erwiesen, andererseits der schon früher angenommene von Kalk und Bleioxyd neu bestätigt wird.

---

1 S. Art. *Krystallogenie.* Bd. V. S. 1354 bis 1360.

Digitized by Google

d) Wärmeverhältnisse. Wärmecapacität.

Es wurde oben gezeigt, daſs die meisten einfachen Stoffe, wie Schwefel, Tellur u. s. w., bei gleicher Atomzahl eine gleiche Wärmecapacität besitzen und daſs diese bei andern das $\frac{1}{4}$-, $\frac{2}{3}$-, $1\frac{1}{2}$-, 2- und 4fache beträgt. Aus den bis jetzt bekannten genaueren Bestimmungen mehrerer Verbindungen darf man schlieſsen, daſs die einfachen Stoffe in denselben in der Regel ihre frühere Wärmecapacität beibehalten, und daſs diese in seltenen Fällen nach einem einfachen Verhältnisse vergröſsert und nur höchst selten verringert ist. Dieses ergiebt sich wenigstens aus den hier folgenden Bestimmungen der specifiſchen Wärme verschiedener Verbindungen durch Neumann[1]. Das Product ihres Atomgewichts in ihre specifische Wärme giebt wiederum die Wärmecapacität bei gleicher Zahl der Atome an. Diese Atome sind aber hier zusammengesetzte, 2, 3 und mehr einfache Atome enthaltend, und indem jedes dieser einfachen Atome in der Verbindung seine volle Wärmecapacität behält, so ist die Capacität der zusammengesetzten Atome viel gröſser, als die der einfachen.

---

1 Poggendorff Ann. XXIII. 1.

Digitized by Google

Verbindungen	Formel	Zahl der Atome	Atomgewicht	specifische Wärme	Product
Wasser . .	HO	2	9,0	1,0000	9,0000
Bittererde	MgO	2	20,7	0,2760	5,7132
Quecksilberoxyd . .	HgO	2	109,4	0,0490	5,3606
Zinkblende	ZnS	2	48,2	0,1145	5,5189
Bleiglanz .	PbS	2	119,8	0,0530	6,3494
Zinnober .	$Hg\|S$	2	117,4	0,0520	6,1048
Speiskobalt	$CoAs$	2	104,8	0,0920	9,6416
Rothkupfererz . . .	Cu^2O	3	71,6	0,1073	7,6844
Quarz . . .	SiO^2	3	30,8	0.1883	5,7996
Rutil . . .	TiO^2	3	40,5	0,1724	6,9822
Zinnstein .	SnO^2	3	75,0	0,0931	6,9825
Schwefelkies	FeS^2	3	59,2	0,1275	7,5480
Wasserblei	MoS^2	3	80,0	0,1067	8,5360
Realgar . .	AsS^2	3	107,2	0,1111	11,9099
Rauschgelb	AsS^3	4	123,2	0,1132	13,8462
Grauspieſsglanzerz	SbS^3	4	177,0	0,0907	16,0539
Sapphir . .	Al^2O^3	5	51,4	0,1972	10,1361
Chromoxydul . . .	Cr^2O^3	5	80,2	0,1960	15,7192
Eisenglanz	Fe^2O^3	5	78,4	0,1692	13,2653
Witherit .	$BaO + CO^2$	5	98,7	0,1078	10,6305
Strontianit	$SrO + CO^2$	5	74,0	0,1445	10,6930
Kalkspath	$CaO + CO^2$	5	50,5	0,2046	10,3323
Magnesitspath . .	$MgO + CO^2$	5	42,7	0,2270	9,6926
Zinkspath	$ZnO + CO^2$	5	62,3	0,1712	10,6658
Weiſsbleierz	$PbO + CO^2$	5	133,8	0,0814	10,8913
Eisenspath	$FeO + CO^2$	5	57,2	0,1819	10.4047
Schwerspath	$BaO + SO^3$	6	116,7	0,1088	12,6861
Cölestin . .	$SrO + SO^3$	6	92,0	0,1356	12,4752
Anhydrit .	$CaO + SO^3$	6	68,5	0,1854	12,6999
Bleivitriol	$PbO + SO^3$	6	151,8	0,0848	12,8726

Digitized by Google

Nehmen wir nach Obigem an, bei gleicher Atomzahl betrage die Wärmecapacität des Sauerstoffes 1,5, des Wasserstoffes, Schwefels und der meisten Metalle 3,0, des Kobalts 4,5 und des Arseniks und Antimons 6,0, und berechnen wir hiernach die Wärmecapacität der in der Tafel enthaltenen Verbindungen, so ergiebt sich Folgendes. Wasser; 1 Atom Wasserstoff 3,0, 1 Sauerstoff 1,5, zusammen 4,5; die Erfahrung giebt 9,000, also ist die Wärmecapacität dieser beiden Stoffe in der Verbindung des Wassers verdoppelt. Bittererde und Quecksilberoxyd; 1 Atom Metall und Schwefel haben 3,0, zusammen 6,0, was mit der Erfahrung fast übereinstimmt. Speiskobalt; Kobalt 4,5, Arsenik 6,0, zusammen 10,5, nach der Erfahrung 9,64. Rothkupfererz; 2 Atome Kupfer 6,0, 1 Atom Sauerstoff 1,5, zusammen 7,5, nach der Erfahrung 7,68. Quarz, Rutil und Zinnstein; 1 Atom Metall 3,0, 2 Atome Sauerstoff 3,0, zusammen 6,0; die Erfahrung variirt zwischen 5,80 und 6,98. Schwefelkies; 1 Atom Eisen 3,0, 2 Atome Schwefel 6,0, zusammen 9,0; nach der Erfahrung nur 7,55; der einzige Fall, wo die Wärmecapacität in der Verbindung bedeutend geringer ist. Beim Wasserblei findet bessere Uebereinstimmung statt. Rauschgelb und Grauspieſsglanzerz; 1 Atom Metall 6,0, 3 Atome Schwefel 9,0, zusammen 15; die Erfahrung giebt 13,85 und 16,05. Sapphir, Chromoxydul, Eisenglanz; 2 Atome Metall 6,0, 3 Atome Sauerstoff 4,5, zusammen 10,5; hiermit stimmt die Erfahrung beim Sapphir, während bei den beiden übrigen die beobachtete Wärmecapacität gröſser ist. Kohlensaure Salze; 1 Atom Metall 3,0, 1 Atom Kohlenstoff wahrscheinlich 3,0 (wiewohl die Wärmecapacität der Holzkohle nur halb so viel beträgt), 3 Atome Sauerstoff 4,5, zusammen 10,5, was mit der Erfahrung sehr gut stimmt. Schwefelsaure Salze; 1 Atom Metall 3,0, 1 Atom Schwefel 3,0, 4 Atome Sauerstoff 6,0, zusammen 12,0, was ebenfalls der Erfahrung entspricht.

Aus dieser Vergleichung geht Folgendes hervor. So viel Wärme ein Atom irgend eines einfachen Stoffes für sich braucht, um eine bestimmte Temperaturerhöhung zu erfahren, so viel braucht es auch meistens in seinen Verbindungen; nur in einem Falle, beim Schwefelkies, ist die Wärmecapacität der Atome durch ihre Verbindung beträchtlich verringert, in mehreren andern ist sie vermehrt, und zwar bei Wasser gerade

verdoppelt, bei Bittererde, Quecksilberoxyd, Chromoxyd, Eisenglanz und einigen andern nur wenig erhöht. Vielleicht besitzt der Sauerstoff in diesen Verbindungen eine doppelt so groſse Wärmecapacität, als für sich, und tritt hiermit in die Classe des Schwefels. Uebrigens lassen sich hier keine genauen Zahlen erwarten, denn die Bestimmung der specifischen Wärme ist an und für sich schwierig; derselbe Körper kann je nach seinem Zustande eine verschiedene specifische Wärme besitzen, wie z. B. Neumann die des Kalkspaths = 0,2046 und die des Arragonits, der in chemischer Hinsicht ganz damit übereinkommt, = 0,2018 gefunden hat, und endlich sind die untersuchten Körper nicht völlig rein; das von Neumann untersuchte käufliche Quecksilberoxyd und die Mineralsubstanzen haben verschiedene Beimischungen, welche auf ihre specifische Wärme einflieſsen müssen. Auf jeden Fall zeigt diese Betrachtung, daſs der frühere Versuch, die bei der Verbindung der Stoffe eintretende Wärmeentwickelung aus der verminderten Wärmecapacität zu erklären, unmöglich gelingen konnte, da sich diese in der Regel gleich bleibt und, wenn sie sich verändert, mit sehr wenigen Ausnahmen gerade zunimmt.

Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit. Die Verbindungen sind meistens leichter schmelzbar, als ihre Bestandtheile für sich. Es giebt kein Beispiel, daſs ein Gemisch von zwei Metallen strengflüssiger wäre, als jedes der darin enthaltenen Metalle, aber mehrere, daſs es leichter schmelzbar ist, als beide. So besitzt das Platin-Nickel die Schmelzbarkeit des Kupfers; die Legirungen von Blei und Zinn, von Blei und Wismuth u. s. w. schmelzen leichter, als jeder ihrer Bestandtheile. Das Eisen wird durch seine Verbindung mit dem unschmelzbaren Kohlenstoff, wie sie im Stahl und Guſseisen vorkommt, leichter schmelzbar, als es für sich ist. Weder die Kieselerde ist für sich im Essenfeuer schmelzbar, noch der Kalk, wohl aber die Verbindung beider. Der Schwefel bildet mit dem unschmelzbaren Kohlenstoff den dünnflüssigen Schwefelkohlenstoff. Die Schwefelmetalle dagegen sind nie leichtflüssiger, als der Schwefel, doch meistens leichtflüssiger, als das Metall; Schwefelzink, Schwefelzinn, Schwefelkalium und einige andere sind strengflüssiger, als selbst das Metall. Warum die Schmelzbarkeit der Verbindungen bald zwischen

Digitized by Google

der ihrer Bestandtheile liegt, bald unter ihr, bald, wiewohl nur selten, über ihr, hierüber ist nichts bekannt.

Während hiernach die Schmelzbarkeit durch die Verbindung der Stoffe in der Regel zunimmt, so nimmt dagegen meistens ihre *Elasticität* ab.

1) Es wurde schon früher bemerkt, daſs man aus zwei Gasen eine starre oder tropfbare Verbindung bilden kann, aber nicht umgekehrt aus starren und tropfbaren Stoffen eine gasförmige. Besonders merkwürdig ist der Phosphorstickstoff, welcher bei abgehaltener Luft die Weiſsglühhitze ohne Zersetzung und Verflüchtigung, ja selbst ohne Schmelzung aushält, da er doch aus dem leicht verdampfbaren Phosphor und aus Stickstoff besteht, welcher für sich ein so sehr permanentes Gas bildet.

2) Häufig findet es sich, daſs ein flüchtiger Stoff einem fixeren seine Flüchtigkeit mittheilt. So wird der Kohlenstoff durch seine Verbindung mit Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstoff, der Schwefel durch seine Verbindung mit Sauerstoff oder Wasserstoff, das Selen, das Iod, der Phosphor und das Arsenik durch ihre Verbindung mit Wasserstoff gasförmig; doch sind diese gasförmigen Verbindungen weniger permanent, als das reine Sauerstoff-, Wasserstoff- und Stickgas, denn die meisten derselben lassen sich durch verstärkten Druck tropfbar machen. Silber, Blei und mehrere andere Metalle werden durch ihre Verbindung mit Chlor bei gelinder Glühhitze verdampfbar. In diesen Fällen liegt die Flüchtigkeit der Verbindung ungefähr in der Mitte zwischen der ihrer Bestandtheile.

3) Sehr selten ist die Verbindung flüchtiger, als ihre Bestandtheile. Das auffallendste Beispiel liefert der schon bei 46^0 siedende Schwefelkohlenstoff.

Auch zur Aufklärung dieser Veränderungen fehlen alle Gesetze. Nur so viel läſst sich sagen, daſs eine Verbindung gewöhnlich um so weniger flüchtig ist, je mehr Atome in ihr zusammengesetztes Atom eingehn. So ist die schweflige Säure (SO^2) gasförmig, die Schwefelsäure (SO^3) fest; letztere enthält gerade mehr vom flüchtigeren Princip, dem Sauerstoff, aber sie enthält 4 Atome, die schweflige Säure nur 3. 1 Atom Stickstoff bildet mit 1 und 2 Atomen Sauerstoff gasförmige, mit 3 und 4 dagegen tropfbare Verbindungen. Das Cyan (NC^2) ist gasförmig, das Mellon (N^4C^6) fest, wiewohl auch

Digitized by Google

dieses mehr vom flüchtigen Princip enthält. In andern Fällen trägt allerdings die Flüchtigkeit des einen Bestandtheils über die gröſsere Atomzahl den Sieg davon; so ist das Anderthalbchloreisen ($Fe^2 Cl^2$) flüchtiger, als das Einfachchloreisen ($Fe Cl$), wiewohl ersteres 5, letzteres nur 2 Atome enthält.

e) Lichtverhältnisse.

Durchsichtigkeit. Zwei undurchsichtige Stoffe, wie Metalle, geben eine undurchsichtige Verbindung, zwei durchsichtige eine durchsichtige. Die Verbindungen eines undurchsichtigen Stoffes mit einem durchsichtigen sind theils durchsichtig, theils nicht, ohne daſs sich bis jetzt ein Grund dafür angeben lieſse. So bildet der Sauerstoff mit den Metallen theils durchsichtige Verbindungen, wie Alkalien, Erden, Zinkoxyd, arsenige Säure, Weiſsspieſsglanzerz u. s. w., theils undurchsichtige, wie Braunstein, Eisenglanz u. s. w. Die Verbindungen des Schwefels mit Kalium, Zink, Arsenik und Quecksilber sind durchsichtig, die mit Eisen, Kupfer und Silber nicht.

Lichtbrechung. Bei den gasförmigen Verbindungen beträgt die lichtbrechende Kraft bald mehr, bald weniger, als sich durch Berechnung der lichtbrechenden Kraft der gasförmigen Bestandtheile als das Mittel ergiebt, wie dieses vorzüglich aus den Bestimmungen von Dulong[1] hervorgeht, die, weil sie im Art. *Brechung des Lichts* noch nicht aufgenommen werden konnten, hier vollständig folgen mögen. Spalte A nennt die einfachen und zusammengesetzten gasförmigen Stoffe; B giebt die durch die Beobachtung gefundene lichtbrechende Kraft an, die der Luft gleich 1 gesetzt; C die lichtbrechende Kraft, welche die zusammengesetzten Gase nach der Berechnung zeigen sollten, wenn dieselbe gerade das Mittel von der der Bestandtheile betrüge; D ihr specifisches Gewicht; endlich ist noch unter E das specifische Brechungsvermögen hinzugefügt, welches durch Division der lichtbrechenden Kraft mit dem specifischen Gewicht erhalten wird.

---

1 Bullet. philom. 1825. p. 132.

A	B	C	D	E
Luft	1,000		1,000	
Sauerstoffgas	0,924		1,1093	0,83
Wasserstoffgas . . .	0,470		0,0693	6,79
Wasserdampf	1,000	0,933	0,6239	1,60
Kohlenoxydgas . . .	1,157		0,9706	1,21
Kohlensaures Gas .	1,526	1,619	1,5252	1,00
Oelerzeugendes Gas .	2,302		0,9706	2,36
Kohlenwasserstoffgas	1,504		0,5546	2,71
Schwefligsaures Gas .	2,260		2,2186	1,02
Hydrothionsaures Gas	2,187		1,1786	1,85
Schwefelkohlenstoffdampf .	0,179		2,6345	1,97
Chlorgas . .	2,623		2,4543	1,06
Salzsaures Gas . . .	1,527	1,547	1,2618	1,21
Phosgengas	3,936	3,784	3,4249	1,15
Stickgas . .	1,020		0,9706	1,05
Stickoxydulgas . . .	1,710	1,482	1,5252	1,12
Stickoxydgas	1,030	0,972	1,0399	0,99
Ammoniakgas . . .	1,309	1,216	0,5893	2,22
Cyangas . .	2,832		1,8026	1,57
Blausäuredampf . .	1,531	1,651	0,9359	1,63
Weingeistdampf . .	2,220		1,5945	1,39
Aetherdampf	5,280		2,5651	2,05
Salznaphthadampf . .	3,720	3,829	2,2322	1,67

Digitized by Google

Dulong schlieſst aus diesen Zahlen, daſs, wenn die neue Verbindung saurer Natur ist, ihre lichtbrechende Kraft unter dem berechneten Mittel steht, wenn sie dagegen alkalischer oder neutraler Natur ist, über demselben. Jedoch macht die Salznaphtha eine Ausnahme. Mit der Hinzufügung der Spalte E bezweckte ich Folgendes. Nimmt man an, daſs die Brechungskraft der Stoffe um so gröſser ist, je gröſser ihre Dichtigkeit und Verbrennlichkeit, so muſs letztere gefunden werden können durch Division der Brechungskraft mit dem specifischen Gewichte. Die in der Spalte E enthaltenen Quotienten entsprechen in der Hauptsache dieser Ansicht, indem z. B. der Wasserstoff die gröſste specifische Brechungskraft besitzt und der den brennbaren Stoffen am meisten entgegengesetzte Sauerstoff die kleinste. Auch die übrigen Zahlen stimmen hiermit überein; nur sollte die Brechungskraft des Schwefelkohlenstoffs geringer seyn, als die der Hydrothionsäure, da sich im ölerzeugenden und Kohlenwasserstoffgas der Wasserstoff brechender zeigt, als der Kohlenstoff, und im Schwefelkohlenstoff die Atomzahl des minder stark brechenden Schwefels doppelt so groſs ist, als die des Kohlenstoffes, und vorzüglich sollte die specifische Brechungskraft des Stickoxydulgases geringer seyn, als die des Stickgases, da der Stickstoff durch seine Verbindung mit Sauerstoff an lichtbrechender Kraft verlieren muſs.

Farbe. Farblose Stoffe erzeugen meistens farblose Verbindungen, doch liefert der farblose Stickstoff mit dem farblosen Sauerstoff die blaue salpetrige und die rothgelbe Untersalpetersäure, und im organischen Reiche sehn wir aus Kohlenstoff, der wenigstens im Diamant farblos erscheint, Wasserstoff, Sauerstoff und zum Theil Stickstoff mannigfache lebhaft gefärbte Verbindungen hervorgebracht. Gefärbte Stoffe, wie Schwefel, Selen, Iod und Metalle, liefern unter einander meist gefärbte Verbindungen, doch ist z. B. die Verbindung des Iods mit dem grauen Kalium und des gelben Chlors mit dem grauen Blei oder Silber farblos. Farblose Stoffe bilden mit gefärbten theils farblose, theils gefärbte Verbindungen; so sind die des Sauerstoffs mit den Alkali- und Erdmetallen weiſs, dagegen mit den meisten schweren Metallen mannigfach gefärbt. Es läſst sich bis jetzt aus der Farbe der Bestandtheile nicht im voraus bestimmen, welche Farbe die Verbindung

haben wird; diese ist von der der Bestandtheile oft durchaus verschieden. Das rothe Kupfer bildet mit dem farblosen Sauerstoff ein braunschwarzes Oxyd, dieses mit der farblosen Schwefelsäure ein weiſses Salz und dieses mit Wasser den blauen krystallisirten Kupfervitriol. Das graue Chrom erzeugt mit weniger Sauerstoff das grüne Oxydul, welches mit verschiedenen farblosen Säuren theils grüne, theils violette Salze bildet, und mit mehr Sauerstoff liefert das Chrom die rothgelbe Chromsäure, deren Verbindungen mit Salzbasen theils gelb, theils roth erscheinen.

f) Chemische und physiologische Verhältnisse.

Die neue Verbindung zeigt meistens ganz andere Affinitäten, als ihre Bestandtheile, wie schon oben bemerkt wurde; ebenso zeigt sie auf den menschlichen Körper oft ganz andere Wirkungen. Weder Schwefel noch Sauerstoff zeigen Affinität gegen die meisten Salzbasen, dagegen die aus ihnen gebildete Schwefelsäure sehr starke. Beide Stoffe gehn mit der blauen Farbe des Lackmus keine rothe Verbindung ein, wie dieses die Schwefelsäure thut. Auch sind sie geschmacklos und ohne ätzende Wirkung, während die Schwefelsäure äuſserst sauer schmeckt und ätzend wirkt. So bildet der in jeder Beziehung höchst indifferente Stickstoff mit Sauerstoff die ätzende Salpetersäure, mit Wasserstoff das scharfe Ammoniak und mit Kohlenstoff und Wasserstoff die narkotische Blausäure. Die giftige Wirkung vieler Metalle zeigt sich vorzüglich erst, wenn sie mit Sauerstoff, Chlor und ähnlichen Stoffen verbunden sind. Werden diese Eigenschaften erst durch die Verbindung hervorgebracht, oder liegen sie bereits in den Elementen versteckt und kommen erst in bestimmten Verbindungen zum Vorschein? Weder dieses ist bekannt, noch ein Gesetz, aus welchem diese Aenderungen der chemischen und physiologischen Verhältnisse abzuleiten wären.

Während nach Obigem durch die Verbindung der Stoffe neue chemische und physiologische Eigenschaften zum Vorschein kommen, so können hierdurch andererseits auch ausgezeichnete Eigenschaften dieser Art, welche den Bestandtheilen zukommen, aufgehoben werden. Dieses zeigt sich besonders

Digitized by Google

auffallend bei der Verbindung der Säuren mit den Salzbasen und wird unter dem Namen der *Neutralisation* begriffen. Indem sich eine Säure mit einer Salzbasis nach einem bestimmten Verhältnisse vereinigt, so heben sich wechselseitig die entgegengesetzten Eigenschaften dieser beiden Stoffe auf und es entsteht ein mehr oder weniger neutrales Ganzes. Die Salzsäure z. B. riecht und schmeckt sehr sauer und röthet Lackmus; das Ammoniak riecht und schmeckt stechend alkalisch, stellt die blaue Farbe des durch Säure gerötheten Lackmus wieder her, röthet Curcuma und grünt Veilchensaft, welche Farbenveränderungen durch Säuren wiederum aufgehoben werden können; beide Stoffe wirken in concentrirter Gestalt ätzend auf den thierischen Körper, jedoch auf verschiedene Weise. Bringt man nun wässerige Salzsäure und Ammoniak nach dem richtigen Verhältnisse zusammen, wie dieses durch Prüfung mit Lackmus- und Curcumapapier gefunden wird, so erhält man ein ganz neutrales Gemisch, eine Auflösung des Salmiaks in Wasser, welches weder Lackmus noch Curcuma röthet, weder sauer noch alkalisch riecht und schmeckt, einen gelind salzigen Geschmack besitzt, nicht ätzend wirkt und ohne Schaden in gröſserer Menge verschluckt werden kann. Es haben sich also hier die beiden Stoffe neutralisirt; es ist eine *neutrale Verbindung* gebildet, es ist *Neutralität*, *chemisches Gleichgewicht*, *chemische Indifferenz* eingetreten, und das Verhältniſs, bei welchem diese wechselseitige Aufhebung der entgegengesetzten Eigenschaften am vollständigsten eingetreten ist, wird der *Neutralisationspunct* genannt. Würde zu diesem neutralen Gemisch etwas Salzsäure mehr gefügt, so würden ihre Eigenschaften wieder durch sauren Geschmack und Lackmusröthung erkennbar seyn, sie würde *vorwalten*, *vorschlagen* oder im *Ueberschuſs* vorhanden oder es würde das Ammoniak mit Salzsäure *übersättigt* seyn, und ebenso, nur umgekehrt, beim Zusatz von etwas Ammoniak zum neutralen Gemisch.

Anhang zur Qualitätsänderung.

Obgleich die Eigenschaften einer Verbindung wesentlich von ihren Bestandtheilen und dem Verhältnisse, wonach dieselben zusammentreten, abhängen, so haben doch die neueren Erfahrungen gezeigt, daſs noch andere Umstände hierauf ein-

Digitized by Google

fließen, und daſs Verbindungen existiren können, aus denselben Bestandtheilen, genau nach demselben Verhältnisse zusammengesetzt, und doch von abweichenden Eigenschaften. Hierbei lassen sich folgende Fälle unterscheiden.

A. Abweichende Eigenschaften der Verbindungen, die sich aus einer verschiedenen Aneinanderlagerung ihrer zusammengesetzten Atome erklären lassen.

a) Dimorphismus.

Wie bereits[1] gezeigt wurde, so können dieselben Stoffe, sowohl einfache, als zusammengesetzte, in Gestalten anschieſsen, welche zwei verschiedenen Krystallsystemen angehören, oder, wenn auch demselben, doch mit solchen Winkelverschiedenheiten, daſs sie nicht auf einander zurückgeführt werden können. Es wurde angenommen, daſs diese verschiedene Form von der Art abzuleiten ist, wie sich die Atome der krystallisirten Materie an einander lagern, was vorzüglich von der während des Krystallisirens statt findenden Temperatur abhängig ist, und gezeigt, daſs mit der verschiedenen Gestalt Abweichungen im specifischen Gewicht, in der Farbe und andern Eigenschaften verbunden sind. Als Beispiele von zusammengesetzten Materien, welche Dimorphismus zeigen, wurden genannt: kohlensaurer Kalk (im Kalkspath und Arragonit); Doppelt-Schwefel-Eisen (im Schwefelkies und Strahlkies); Titanoxyd (im Rutil und Anatas); Bittersalz und Zinkvitriol (in Krystallen des zwei- und zwei- und in Krystallen des zwei- und eingliedrigen Systems); schwefelsaures und selensaures Nickeloxyd (in Krystallen des viergliedrigen und des zwei- und zweigliedrigen Systems) und doppelt-phosphorsaures Natron (in zwei verschiedenen Krystallreihen des zwei- und zweigliedrigen Systems). Hierzu kommen noch folgende neuere Erfahrungen.

Das Kupferoxydul zeigt im gewöhnlichen Rothkupfererz das regelmäſsige Oktaeder und andere Formen des regel-

---

1 S. Art. *Krystallogenie.* Bd. V. S. 1351.

mäſsigen Systems; dagegen in der Kupferblüthe nach Succow[1] eine regelmäſsige sechsseitige Säule; also derselbe Dimorphismus, wie beim metallischen Kupfer. Nach den Beobachtungen von Hayes[2] und von Frankenheim[3] schieſst das Einfach-Iod-Quecksilber aus seinen Auflösungen sowohl, als bei der Sublimation in sehr gelinder Wärme in scharlachrothen Krystallen des viergliedrigen Systems an, dagegen bei seiner Sublimation in höherer Temperatur in schwefelgelben rhombischen Tafeln des zwei- und eingliedrigen Systems. Die rothen Krystalle werden bei jedesmaligem Erwärmen gelb, beim Erkalten wieder roth. Die durch Sublimation erhaltenen gelben Krystalle bleiben beim Erkalten unverändert; aber bei der schwächsten Reibung oder Berührung mit einer Spitze färbt sich der berührte Punct scharlachroth, und diese Färbung pflanzt sich unter einer Bewegung, wie wenn die Masse belebt wäre, durch den ganzen Krystallhaufen, so weit er zusammenhängt, fort. Es bleibt hier die äuſsere Form der gelben Krystalle, während die zusammengesetzten Atome dieselbe wechselseitige Lage, wie sie den rothen Krystallen zukommt, angenommen haben müssen, womit die rothe Färbung gegeben ist; es sind gelbe Afterkrystalle. Sublimirt man ein Gemenge von rothen und gelben Krystallen bei so gelinder Wärme, daſs erstere ihre Farbe nicht ändern, so sublimiren sich rothe und gelbe Krystalle zugleich; letztere können nicht aus den rothen Krystallen, die man erwärmte, gebildet seyn, da die Erwärmung unter ihrer Farbenveränderung blieb. Hieraus schlieſst Frankenheim, daſs die gelben Krystalle als solche verdampfen und der Dampf der gelben von dem der rothen verschieden sey. Sollte nicht vielleicht die Temperatur so in der Mitte gestanden haben, daſs sich an kühleren Orten rothe, an etwas wärmeren gelbe Krystalle aus dem Dampfe verdichteten? Andere interessante Beobachtungen von Frankenheim[4] bestehn in Folgendem. Läſst man einen Tropfen von in Wasser gelöstem salpetersaurem Kali auf einer Glasplatte verdunsten und beobachtet die sich bildenden Krystalle

---

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 528.
2 Silliman Amer. Journ. T. XVI. p. 174.
3 Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft. 1837. S. 14.
4 Poggendorff's Ann. XL. 447.

Digitized by Google

unter dem Mikroskop, so bemerkt man, wie sich neben wenigen Krystallen des zwei- und zweigliedrigen Systems, in welchen der Salpeter gewöhnlich erscheint, auch viele stumpfe Rhomboeder bilden, welche mit denen des salpetersauren Natrons übereinstimmen.

Hieraus ergiebt sich zugleich der Isomorphismus von Kali und Natron. Da, wo sich die Krystalle der zwei verschiedenen Systeme nähern, runden sich die rhomboedrischen ab und verschwinden allmälig, während sich die prismatischen auf ihre Kosten vergröſsern, wohl, weil erstere löslicher sind, als letztere. Berühren sich beide Krystallarten, so werden die rhomboedrischen sogleich trübe und zerfallen in prismatische Krystalle, die sich ebenfalls ausbreiten, so daſs am Ende alle Rhomboeder verschwunden sind, auſser bei sehr flachen Tropfen, wo die Flüssigkeit um die Rhomboeder herum verdunstet, bevor die Umwandlung erfolgt ist. Die trocknen Rhomboeder bleiben unverändert, auſser beim Ritzen mit einem prismatischen Salpeterkrystall oder einer Nadel, wodurch sie bei unveränderter äuſserer Gestalt und kaum merklicher Trübung in ein Aggregat von prismatischen Krystallen verwandelt werden, so daſs sie in einer gesättigten Salpeterlösung prismatisch fortwachsen. Auch durch Erhitzung weit über 110° C. werden die Rhomboeder auf gleiche Weise verändert, so wie auch aus einer heiſsen Salpeterlösung bloſs prismatische Krystalle erhalten werden.

Die Umstände, unter welchen der kohlensaure Kalk entweder als Kalkspath (in Rhomboedern von 2,73 specifischem Gewicht) oder als Arragonit (in härtern Rectanguläroktaedern und andern Gestalten von 2,92 specifischem Gewicht) krystallisirt, sind von G. Rose[1] genau ausgemittelt. Läſst man eine Auflösung des kohlensauren Kalks in Kohlensäure haltendem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten, so erhält man bloſs Kalkspath in meist entscheitelten, primitiven Rhomboedern; dampft man dagegen die Auflösung im Wasserbade ab, so erhält man Arragonit in sechsseitigen Säulen, mit wenigen Kalkspathkrystallen gemengt, weil anfangs die Hitze der Flüssigkeit geringer ist. Mischt man bei gewöhnlicher Temperatur wässerigen salzsauren Kalk mit wässerigem koh-

1 Poggendorff's Ann. XLII. 355.

lensaurem Ammoniak, so entsteht zuerst ein voluminöser flokkiger Niederschlag von kreideartigem kohlensaurem Kalk, welcher, wenn man ihn sogleich auf dem Filter sammelt, wäscht und trocknet, unverändert bleibt, ein specifisches Gewicht von 2,716 besitzt und sich unter dem Mikroskop aus kleinen undurchsichtigen Körnern bestehend zeigt (dieses ist wohl amorpher kohlensaurer Kalk), welcher jedoch, wenn er einige Zeit in der salzigen Flüssigkeit bleibt, zu mikroskopischen Krystallen von Kalkspath von 2,719 specifischem Gewicht zusammengeht. Werden die genannten Salzlösungen kochend gemischt und bringt man das kohlensaure Ammoniak zum salzsauren Kalk, so erhält man Arragonit mit etwas Kalkspath gemengt. Fügt man dagegen den salzsauren Kalk zum kohlensauren Ammoniak, so erhält man Arragonit, aus besonders kleinen Krystallen von 2,949 specifischem Gewicht bestehend. Werden diese Krystalle aber nicht sogleich auf dem Filter gesammelt, ausgewaschen und getrocknet, sondern bleiben sie in der Flüssigkeit, so gehn sie nach dem Erkalten derselben allmälig, in 8 Tagen vollständig, in Kalkspathkrystalle über; unter reinem Wasser erfolgt diese Umwandlung viel langsamer. Schmelzt man kohlensauren Kalk unter starkem Drucke nach Hall's Methode, so krystallisirt er beim Erkalten immer zu Kalkspath. Ein gröſserer Arragonitkrystall zerfällt bei schwacher Glühhitze ohne Gewichtsverlust zu einem weiſsen undurchsichtigen gröblichen Pulver, dessen specifisches Gewicht nur noch 2,706 beträgt. Also krystallisirt der kohlensaure Kalk in der Gestalt des Arragonits ungefähr bei 100°, dagegen sowohl bei niedrigerer als bei höherer Temperatur als Kalkspath.

b) Amorphismus.

Die Lehre vom Amorphismus ist erst in neuerer Zeit durch Fuchs[1] entwickelt worden, dessen Beobachtungen und Ansichten in dem Folgenden mit einigen Zusätzen benutzt sind. Ein fester Körper erscheint entweder bloſs krystallinisch, oder bloſs amorph, oder tritt auch bald krystallinisch, bald amorph auf, je nach den Umständen, unter welchen er aus dem flüssigen

1 Schweigger's Journ. Th. LXII. S. 257. LXVII. S. 418. Poggendorff's Ann. XXXI. 577.

Digitized by Google

Zustande in den festen übergeht, und nach seiner ursprünglichen Geneigtheit für die Annahme dieses oder jenes Zustandes. Im amorphen Zustande geht den festen Körpern nicht nur die äuſserliche Krystallform ab, sondern auch, selbst bis auf ihre kleinsten Theile, jede Art von krystallinischer Textur; sie zeigen keine doppelte Strahlenbrechung, keinen Blätterdurchgang und keinen körnigen, sondern einen muschligen Bruch. Marmor ist kein amorpher Körper, sondern ein Aggregat von kleinen unausgebildeten Krystallen. Glas ist amorph. Kommt ein und derselbe Körper in beiden Zuständen vor, so ist er im krystallinischen immer specifisch schwerer, härter und meistens auch weniger löslich, als im amorphen. Es scheint daher, daſs sich im ersteren Zustande die Atome mehr nähern, als im letzteren. Die Ueberführung eines Körpers aus dem amorphen Zustande in den krystallinischen nennt Fuchs die *Transformation* und die aus dem krystallinischen in den amorphen die *Deformation* oder *Entstaltung*.

Ein amorpher Körper kann entstehn:

1) Durch Schmelzung, die dann *Verglasung* zu nennen ist. So die gewöhnlichen Glasarten, viele Schlacken, Obsidian, Pechstein, Perlstein, Bimstein, verglaste Boraxsäure, Phosphorsäure, arsenige Säure, Arseniksäure u. s. w. Alle die Körper, die nach dem Schmelzen amorph erstarren, zeigen einen zähen Fluſs. Diese Zähigkeit scheint der Grund zu seyn, warum sich die Atome während des Erstarrens nicht so zusammenlagern können, um eine krystallinische Masse zu liefern. Man kann als Regel annehmen, daſs, wenn eine geschmolzene Materie nach dem raschen Erstarren durchsichtig erscheint, sie amorph ist, dagegen krystallisirt, wenn sie, wiewohl sie während des Flieſsens klar erschien, beim Erkalten trübe oder undurchsichtig wird, wie z. B. Kalihydrat; denn die vielen kleinen, nach verschiedenen Richtungen durch einander gewachsenen Krystalle müssen eine confuse Brechung und Zurückwerfung des Lichts veranlassen. Nach einer Bemerkung von Graham scheint beim Erstarren zu einer amorphen Masse weniger Wärme entwickelt zu werden, als beim Krystallisiren, wenigstens entwickelt das doppelt-phosphorsaure Natron nach dem Schmelzen beim Erstarren weniger Hitze, als das doppelt-arseniksaure Natron; ersteres erstarrt

zu einem durchsichtigen Glase, letzteres zu einer weiſsen, undurchsichtigen, aus Fasern zusammengesetzten Masse.

2) Durch Abdampfung seiner Lösung. Eine Auflösung des Gummi's, Leims, Eiweiſsstoffs, Wasserglases u. s. w. in Wasser und der meisten Harze in Weingeist läſst beim Verdunsten die gelösten Stoffe amorph zurück. Alle diese Stoffe sind schon in sehr kleinen Mengen des Lösungsmittels löslich, sie bleiben daher noch völlig gelöst, nachdem der gröſste Theil desselben verdunstet ist, und bilden eine sehr concentrirte, dicke Lösung, deren Zähigkeit wiederum die krystallinische Aneinanderlagerung zu hindern scheint.

3) Durch Fällung. Die meisten voluminösen, gallertartigen und schleimigen Niederschläge sind wohl als amorph zu betrachten. Theils behalten sie diesen Zustand auch bei längerem Verweilen in der Flüssigkeit und stellen nach dem Auswaschen und Trocknen erdige oder durchscheinende Massen von muschligem Bruch dar, z. B. Alaunerde und phosphorsaurer Kalk; theils sinken sie schon in der Flüssigkeit, in der sie sich bildeten, zu einem minder voluminösen Aggregat von kleinen Krystallen zusammen, wie kohlensaurer Kalk, Harnsäure.

a) Amorphismus einfacher Stoffe.

Der Kohlenstoff zeigt Dimorphismus im Diamant und Graphit; der Ruſs und die Kohle überhaupt lassen sich als amorpher Kohlenstoff betrachten. Auch der dimorphe Schwefel läſst sich amorph erhalten, wenn man ihn weit über den Schmelzpunct erhitzt, so daſs er dickflüssig wird, und dann in Wasser gieſst, worin er zu einem weichen hyacinthrothen Glase erstarrt, welches aber allmälig wieder krystallinisch und damit undurchsichtig und gelb wird. Auch der aus wässerigen Flüssigkeiten gefällte Schwefel, die Schwefelmilch, scheint sich im amorphen Zustande zu befinden. Der Phosphor, im Dunklen unter Wasser aufbewahrt, überzieht sich mit einem weiſsen undurchsichtigen Pulver, welches zwar von Pelouze für ein Hydrat des Phosphors erklärt wurde, aber nach H. Rose[1] reiner Phosphor ist, nur von einer andern Aggregation,

---

1) Poggendorff's Ann. XXVII. 563.

und zwischen 40° und 50° ohne Gewichtsabnahme zu gewöhnlichem Phosphor zusammenschmelzend. Einer dieser beiden Zustände des Phosphors möchte ein amorpher seyn. Das ungeglühte Silicium ist beim Erhitzen in der Luft verbrennlich, das zuvor in Wasserstoffgas geglühte nicht; wahrscheinlich ist ersteres amorph, letzteres krystallinisch und damit cohärenter. Die auffallenden Eigenschaften des Platinschwarz[1] lassen es mit Wahrscheinlichkeit als amorphes Platin betrachten.

β) Amorphismus zusammengesetzter Stoffe.

Es sollen hier bloſs diejenigen Verbindungen betrachtet werden, welche sowohl krystallinisch als auch amorph vorkommen, da ja vorzüglich nachgewiesen werden soll, daſs bei gleicher Mischung verschiedene Eigenschaften gegeben seyn können. Der Quarz hat 2,69 specifisches Gewicht und doppelte Strahlenbrechung, löst sich nur wenig in kochendem wässerigem Kali und erhärtet, noch so fein gepulvert, nicht mit Kalk unter Wasser. Der Opal hat 2,09 specifisches Gewicht und einfache Strahlenbrechung, löst sich leicht in kochendem Kali und erhärtet mit Kalk unter Wasser zu einem Mörtel. Beide Mineralien sind Kieselerde; doch hält der Opal 5 bis 10 Procent Wasser, und von diesem wurde die Verschiedenheit abgeleitet, indem man den Opal als Kieselerde*hydrat* betrachtete. Für eine solche Annahme ist jedoch der Wassergehalt des Opals zu gering und zu veränderlich. Fuchs betrachtet daher den Opal als amorphe Kieselerde, wofür noch spricht, daſs, wenn man aus ihm durch Glühhitze alles Wasser ausgetrieben hat, er fast noch dasselbe Ansehn besitzt, wie zuvor, und sich noch fast ebenso leicht in Kali löst. Die chemisch dargestellte Kieselerde, auch geglüht, verhält sich gegen Kali, wie der Opal, und ist daher als amorphe zu betrachten. Chalcedon und Feuerstein sind Gemenge von Quarz und Opal, welcher letztere sich durch Kochen mit Kali ausziehn läſst, wo der Quarz vom Ansehn des Kaschelongs zurückbleibt.

Erhält man grünes Glas mehrere Stunden bis Tage bei einer Temperatur, in der es gerade weich wird, wobei man

1 S. Art. *Platin*. Bd. VII. S. 500.

Digitized by Google

es gewöhnlich, damit es nicht zusammensinke und seine Form verliere, mit irgend einem unschmelzbaren Pulver fest umgiebt, dessen chemische Natur übrigens ganz gleichgültig ist, z. B. mit Kohle, Eisenoxyd, Beinasche, Sand u. s. w., so wird es, von auſsen nach innen fortschreitend, trübe und faserig, und ist endlich vollständig in das *Reaumur'sche Porcellan* verwandelt, welches weiſs, wenig durchscheinend, meist von faserigem Bruche, übrigens specifisch schwerer, strengflüssiger und bei weitem härter als Glas ist, am Stahl Funken giebt, Wärme und Elektricität besser leitet, daher beim Reiben nicht elektrisch wird, und welches auch bei raschem Temperaturwechsel nicht so leicht springt. Diese Veränderung erfolgt ohne merklichen Gewichtsverlust und ist wohl davon abzuleiten, daſs während des länger dauernden Zustandes der Weichheit die das Glas constituirenden zusammengesetzten Atome sich dichter und in der Art an einander legen, daſs Krystallbildung erfolgt. Doch ist hierzu nöthig, daſs das Glas bestimmte Bestandtheile in bestimmten Verhältnissen enthalte, daher nicht alles Glas, und in der Regel nicht das weiſse, dieser Veränderung fähig ist und daher auch wohl im Reaumur'schen Porcellan häufig amorphe Glastheile, den krystallinischen beigemengt, übrig bleiben mögen. Schmelzt man Reaumur'sches Porcellan von 2,80 specifischem Gewicht, so liefert es nach Guyton Morveau ein Glas von 2,625 specifischem Gewicht, was aber allerdings nicht durchsichtig, sondern bedeutend getrübt ist. Auch mir lieferte ein Splitter Reaumur'sches Procellan, auf Platindraht vor dem Löthrohre geschmolzen, nach starkem Blasenwerfen ein stark getrübtes Glas. Also scheint doch einige chemische Aenderung bei dieser Entglasung vorgegangen zu seyn[1]. Basalt, der ein Aggregat von Krystallkörnern ist, schmilzt zu einem schwarzen Glase; dieses, längere Zeit in der Glühhitze erhalten, wird wieder feinkörnig und undurchsichtig. Fuchs schmolz durch starkes Feuer ein Gemenge von Thon, Kalk und Magneteisen zu einer schwarzen Schlacke zusammen; als diese jedoch beinahe abgekühlt war, so wurde sie gleichsam leben-

---

1 Vergl. Lewis phys. chem. Abhandl. übers. von Krünitz S. 425. Darticues Ann. de Chim. T. L. p. 325. Guyton Morveau Ann. de chim. T. LXXXIII. p. 1:8.

dig und zerfiel in wenig Augenblicken zu einem grauen Pulver.

Vesuvian und Kalkgranat haben dieselbe chemische Zusammensetzung; namentlich giebt die Analyse des Vesuvians vom Wiluiflusse und des grünen Granats ebendaher fast dasselbe Resultat, nach der Formel: $CaO + Al^2O^3 + 3SiO^2$, nur daſs bei beiden ein Theil der Alaunerde durch das derselben isomorphe Eisenoxyd vertreten ist. Die Krystalle des Vesuvians gehören dem viergliedrigen, die des Granats dem regulären Systeme an; specifisches Gewicht der ersteren 3,63, der letzteren 3,4. Dieselbe Verbindung nun, welche fähig ist, in den beiden Gestalten des Vesuvians und Granats Dimorphismus zu zeigen, läſst sich auch im amorphen Zustande erhalten. Man möge den Vesuvian oder den Granat schmelzen, so erhält man, wie Magnus[1] gezeigt hat, ohne Gewichtsverlust immer ganz dasselbe Product, nämlich ein Glas von derselben grünen Farbe und Durchscheinheit, wie die der krystallisirten Mineralien, aber weicher und von nur 2,95 specifischem Gewicht, so daſs bei diesem Uebergange aus dem krystallinischen in den amorphen Zustand eine Ausdehnung um beinahe $\frac{1}{5}$ statt findet. Zugleich zeigt sich dieses Glas in Salzsäure löslich, während es die beiden krystallisirten Mineralien nicht sind. Noch mehrere andere Kieselerde haltende Fossilien, die nicht in Salzsäure löslich sind, werden es durch *Glühen*, wohl aus derselben Ursache.

Die im Groſsen sublimirte arsenige Säure schmilzt im Helme wegen höherer Temperatur zu einem wasserhellen Glase zusammen. Dieses weiſse Arsenikglas, bei gewöhnlicher Temperatur Monate lang aufbewahrt, wird trübe und endlich weiſs und undurchsichtig. Auch hier ist es wahrscheinlich, daſs ein Uebergang aus dem amorphen glasigen in den krystallinischen Zustand statt findet, nur bleibt es auffallend, daſs hierbei nach Guibourt das specifische Gewicht von 3,7385 auf 3,695 abnimmt und sich die undurchsichtige Säure in kaltem und heiſsem Wasser etwas reichlicher löst, als die glasige, während sonst beim amorphen Zustande geringere Dichtigkeit und leichtere Löslichkeit statt findet. Löst man die noch durchsichtige Säure in kochender verdünnter Salz-

1 Poggendorff's Ann. XX. 477. XXI. 50. XXII. 391.

säure und läſst die Lösung sehr langsam erkalten, so leuchtet nach H. Rose[1] jeder sich ausscheidende Krystall lebhaft. Die krystallisirte Säure, in Salzsäure gelöst, zeigt diese Erscheinung nicht, desgleichen nicht die verglaste Säure, nachdem sie undurchsichtig geworden ist, auſser wenn sie noch etwas amorphe Säure beigemischt enthält. Indem also die glasige Säure beim Krystallisiren aus ihrer salzsauren Lösung in krystallinische übergeht, wird Licht frei. Diese Erfahrung ist insofern auffallend, als sie zeigt, daſs die Auflösung der amorphen Säure von der der krystallinischen verschieden ist, da doch mit dem flüssigen Zustande aller Unterschied von Amorph und Krystallinisch aufhören sollte.

Die Behauptung von Berzelius, daſs der Mineralkermes dieselbe Zusammensetzung wie das graue Schwefelantimon besitzt (SbS^3), welche, wiewohl sie durch H. Rose's, Philipps's und meine Versuche bestätigt wurde, dennoch bis auf die neueste Zeit wiederholt bestritten worden ist, erhält durch die Ansichten und Versuche von Fuchs eine neue Bestätigung und vollständige Aufklärung. Nach ihm ist das graue Schwefelantimon die Verbindung im krystallisirten, der Mineralkermes dieselbe Verbindung im amorphen Zustande. Es war bereits bekannt, daſs Mineralkermes, bis zum Schmelzen erhitzt, ohne alle Gewichtsänderung beim Erkalten zu grauem Schwefelantimon krystallisirt. Wenn man umgekehrt graues Schwefelantimon schmelzt und dann in kaltes Wasser gieſst, so erhält man nach Fuchs eine glänzende dunkle Masse von muschligem Bruche und von 4,15 specifischem Gewichte, während das des grauen Schwefelantimons 4,6 beträgt, die ein dem Kermes ähnliches, nur etwas dunkleres rothbraunes Pulver liefert, während das des grauen Schwefelantimons grau ist. Die rasche Abkühlung der geschmolzenen Verbindung hinderte also die krystallinische Zusammenfügung, und der Körper bleibt gröſstentheils amorph. Das schwarze Schwefelquecksilber, welches man durch Fällung eines Quecksilberoxydsalzes mittelst überschüssiger Hydrothionsäure erhält, hat genau dieselbe Zusammensetzung, wie der Zinnober (HgS), und geht durch Sublimation in diesen über; umgekehrt wird nach Fuchs ſeingepulverter Zinnober, bis zum anfangenden

1 Poggendorff's Ann. XXXV. 481.

Verdampfen erhitzt und dann in kaltes Wasser getaucht, in schwarzes Schwefelquecksilber verwandelt. Hier ist, entgegengesetzt vom Schwefelantimon, das krystallinische Schwefelquecksilber roth und durchsichtig, das amorphe aber schwarz und undurchsichtig.

Endlich scheint auf der Transformation oder dem Uebergange aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand die merkwürdige Erscheinung des Erglimmens vieler amorphen Körper beim Erhitzen zu beruhen. Werden sie fast bis zum Glühen erhitzt, so zeigen sie ein lebhaftes, von dem am meisten erhitzten Puncte ausgehendes und sich durch die ganze Masse verbreitendes Erglimmen, und sie besitzen nun, wohl weil ihre Theile dichter krystallinisch vereinigt sind, gröſsere Härte und viel geringere Löslichkeit. Diese Körper sind theils solche, welche beim Erhitzen keinen Gewichtsverlust erleiden und ursprünglich amorphe sind, theils solche, welche vor dem Erglimmen Wasser, Ammoniak u. s. w. verlieren und erst durch diesen Verlust eines ihrer Bestandtheile in einen porösen, amorphen Zustand übergehn.

Zu den erstern gehört der Gadolinit (kieselsaure Yttererde), dem gewiſs mit Unrecht eine Krystallform zugeschrieben wird, da sein muschliger Bruch und sein obsidianartiges Aussehn für den amorphen Zustand sprechen. Er erglimmt bei mäſsigem Erhitzen sehr lebhaft und löst sich vor dem Erglimmen sehr leicht in Salzsäure, nach demselben selbst bei mehrtägigem Kochen nur unvollständig.

Körper, welche zwar ursprünglich krystallinisch sind, aber durch den mit der Erhitzung bewirkten Verlust eines flüchtigeren Bestandtheils amorph werden und dann, wenn kein Gewichtsverlust weiter statt findet, bei noch stärkerem Erhitzen das Erglimmen zeigen, sind folgende: Zirkonerdehydrat, Titanoxydhydrat, Tantalsäurehydrat, Chromoxydulhydrat, Eisenoxydhydrat, Rhodiumoxydhydrat, und das basisch-arseniksaure Eisenoxyd, das antimonigsaure Kobaltoxyd, das antimonsaure Kobaltoxyd und das antimonsaure Kupferoxyd im gewässerten Zustande. Erhitzt man diese Verbindungen nur so weit, bis sie alles Wasser verloren haben, so zeigen sie sich fast noch so gut löslich, wie im gewässerten Zustande; ist aber vermöge stärkerer Erhitzung das Er-

Digitized by Google

glimmen eingetreten, so zeigen sie viel geringere Löslichkeit und oft auch Farbenveränderung. Bis zum Erglimmen erhitzte Zirkonerde löst sich in keiner Säure mehr, auſser in kochendem Vitriolöl; das verglimmte Chromoxydul ist blasser grün, als zuvor, und nur noch in kochendem Vitriolöl löslich; das verglimmte Eisenoxyd gleicht an Härte und Schwerlöslichkeit dem gepulverten Eisenglanz, welcher krystallisirtes Eisenoxyd ist; während die genannten antimonig- und antimonsauren Salze vor dem Erglimmen sehr leicht durch Salzsäure zersetzt werden, so widerstehn sie nach dem Erglimmen ihrer Wirkung fast vollständig, so wie sie auch viel blasser gefärbt sind, als zuvor. Nachdem das gewässerte basisch-phosphorsaure Bittererde-Ammoniak zuerst bei gelindem Erhitzen alles Wasser und Ammoniak verloren hat, so zeigt es bei stärkerem das Erglimmen. Ebenso verhält sich das bei mäſsiger Erhitzung des Berlinerblaus oder des Einfachcyaneisens in einem Destillirapparat bleibende Kohlenstoffeisen.

Es geht hieraus hervor, daſs die Körper im amorphen Zustande mehr Wärme gebunden enthalten, als im krystallinischen.

Wahrscheinlich ist auch der Umstand, daſs Gyps, den man durch gelindes Erhitzen entwässert hat, mit Wasser erhärtet, nicht aber stark erhitzter, daraus zu erklären, daſs der entwässerte Gyps im ersteren Fall in amorphem, im letzteren in krystallinischem Zustande (als Anhydrit) zurückbleibt.

B. Abweichende Eigenschaften der Verbindungen, die aus einer verschiedenen Zusammenfügung der einfachen Atome zu zusammengesetzten zu erklären sind.

Bei den durch Dimorphismus und Amorphismus bewirkten Verschiedenheiten der Verbindungen wurde angenommen, die zusammengesetzten Atome haben immer dieselbe Beschaffenheit, und es hänge nur von der Art ab, wie sich die zusammengesetzten Atome an einander lagern, ob bald dieser, bald jener krystallinische, bald amorpher Zustand eintrete. Hiermit hängt zusammen, daſs diese durch Dimorphismus und

Amorphismus hervorgebrachten Verschiedenheiten auch bei einfachen Stoffen vorkommen können, da auch einfache Atome, gleich den zusammengesetzten, sich auf verschiedene Weise an einander lagern können, und daſs diese Verschiedenheiten gehoben werden durch Schmelzung, Verdampfung oder Auflösung des festen Körpers, wo es dann von den Umständen abhängt, in welchem Zustande er wieder feste Gestalt annimmt.

Anders verhält es sich mit den jetzt zu betrachtenden Verschiedenheiten, bei welchen als Ursache angenommen wird, daſs die Art oder Zahl, nach welcher die einfachen Atome zu einem zusammengesetzten vereinigt sind, verschieden ist. Daher können sich diese Verschiedenheiten bloſs bei Verbindungen vorfinden und sie können auch beim Uebergange der Verbindungen in den flüssigen Zustand unverändert bleiben; denn die einmal auf diese oder jene Weise gebildeten zusammengesetzten Atome können ohne Störung dieser Zusammenfügung mit Wärme und wägbaren Auflösungsmitteln Verbindungen eingehn. Zwei Verbindungen, die so aus denselben Stoffen nach demselben Verhältnisse zusammengesetzt sind, nur daſs dabei eine verschiedene Gruppirung der einfachen Atome zu zusammengesetzten statt findet, haben nicht bloſs verschiedene physikalische Eigenschaften, sondern zeigen auch verschiedene chemische Verhältnisse. Die Auseinandersetzung der zu dieser Lehre, deren Aufstellung wir Berzelius verdanken, gehörigen Fälle wird dieses deutlicher machen.

a) Isomerie.

Wenn von zwei oder mehreren Verbindungen angenommen werden muſs, daſs sie in ihren zusammengesetzten Atomen dieselben Elemente nach derselben Atomzahl enthalten, so daſs das zusammengesetzte Atom der einen Verbindung so viel wiegt, wie das des andern, und die Verbindungen dennoch verschiedene physikalische und chemische Verhältnisse zeigen, so heiſsen sie isomer (von *ἴσος* gleich und *μέρος* Theil). Es wird vermuthet, daſs die einfachen Atome, welche ein zusammengesetztes bilden, auf verschiedene Weise an einander gelagert sind. Viele der früher hierher gerechneten Verbindungen sind in neuester Zeit als polymer erkannt worden. Bei

den wenigen, die übrig bleiben, wie Zinnoxyd, Phosphorsäure, tellurige Säure, Tellursäure, Weinsäure und Traubensäure, läſst sich ebenfalls mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit eine Polymerie annehmen, und so bleibt es vor der Hand noch zweifelhaft, ob wirklich isomere Verbindungen in diesem engsten Sinne existiren.

b) Polymerie.

Zwei oder mehrere Verbindungen halten dieselben Elemente nach demselben Verhältnisse, zeigen aber deshalb verschiedene physikalische und chemische Verhältnisse, weil ihr zusammengesetztes Atom eine verschiedene Zahl einfacher Atome enthält, so daſs im zusammengesetzten Atome der einen Verbindung x Atome des einen Stoffes mit y des andern Stoffes vereinigt sind, in dem der andern 2.x Atome des einen Stoffes mit 2.y Atomen des andern, oder 3.x Atome mit 3.y Atomen u. s. w. Hierdurch wird das zusammengesetzte Atom der verschiedenen Verbindungen 2, 3 u. s. w. Mal schwerer, als das einer andern. Hierher lassen sich folgende Fälle rechnen.

Die *Phosphorsäure* zeigt nach den Versuchen von Clarke, Stromeyer und vorzüglich Graham drei verschiedene Zustände, in welchen sie unterschieden wird als *gewöhnliche Phosphorsäure*, als *Pyrophosphorsäure* und als *Metaphosphorsäure*. Die Verschiedenheiten dieser drei Säuren bestehn im Folgendem. Die wässerige Auflösung der gewöhnlichen Phosphorsäure fällt weder salzsauren Baryt und Kalk, noch Eiweiſs, und giebt nach der Neutralisation mit einem Alkali einen gelben Niederschlag mit salpetersaurem Silberoxyd. Die der Pyrophosphorsäure fällt ebenfalls weder salzsauren Baryt und Kalk, noch Eiweiſs, giebt aber nach der Neutralisation mit einem Alkali mit Silberlösung einen weiſsen Niederschlag. Die der Metaphosphorsäure fällt salzsauren Baryt und salzsauren Kalk, coagulirt das Eiweiſs und giebt, auch ohne vorher mit einem Alkali neutralisirt zu seyn, mit salpetersaurem Silberoxyd einen weiſsen, gallertartigen Niederschlag.

Die Hauptverschiedenheit dieser drei Säuren liegt in ihrer Sättigungscapacität: 1 Atom gewöhnlicher Phosphorsäure (PO^5) sättigt 3 Atome irgend einer Salzbasis; sie ist eine dreibasische Säure, d. h. eine Säure, von der 1 Atom 3 Atome

Basis neutralisirt. Dieselbe Menge Pyrophosphorsäure sättigt nur $\frac{2}{3}$ und dieselbe Menge Metaphosphorsäure nur $\frac{1}{3}$ soviel. Sucht man nun die Verschiedenheit der drei Säuren in der Isomerie, so nimmt man an, ihr zusammengesetztes Atom bleibe immer dasselbe, nämlich PO^5, allein die fünf Sauerstoffatome haben sich auf verschiedene Weise um das Phosphoratom herumgelagert und hiermit sey ihre Constitution und das Vermögen, Salzbasen zu neutralisiren, verändert. Hiernach wäre die gewöhnliche Phosphorsäure dreibasisch, die Pyrophosphorsäure zweibasisch und die Metaphosphorsäure einbasisch. Nimmt man dagegen an, die Verschiedenheit dieser drei Säuren beruhe auf der Polymerie, so läſst sich der Wahrscheinlichkeit gemäſs festsetzen, ein zusammengesetztes Atom der gewöhnlichen Säure sey $= PO^5$, ein zusammengesetztes Atom der Pyrophosphorsäure sey $= P^2O^{10}$ und das der Metaphosphorsäure $= P^3O^{15}$. Somit ist das Atom der Pyrophosphorsäure zweimal und das der Metaphosphorsäure dreimal so groſs. Nach dieser Ansicht sättigt 1 Atom gewöhnliche Phosphorsäure 3 Atome Basis, 1 Pyrophosphorsäure 4 Basis und 1 Metaphosphorsäure 3 Basis. In mehreren Verbindungen dieser Säuren vertritt innig gebundenes Wasser die Stelle einer eigentlichen Basis. Die Bildung und Umwandlung dieser drei Säuren in einander hängt von folgenden Bedingungen ab. Ueberschüssige Basis erzeugt besonders in höherer Temperatur gewöhnliche Phosphorsäure. Die Affinität der Basis veranlaſst die Elemente der Säure, sich so zu vereinigen, daſs die Verbindung möglichst viel Basis aufzunehmen vermag, damit weniger Basis unverbunden bleibe. Umgekehrt erfolgt in der Hitze bei mangelnder Basis, oder wenn nur 1 Atom Basis auf 1 Atom Phosphor der Säure kommt, jedesmal die Bildung der Metaphosphorsäure. Bildete sich bei diesem Verhältnisse gewöhnliche Phosphorsäure, welche dreimal so viel Basis zu sättigen vermag, so würden $\frac{2}{3}$ derselben unverbunden bleiben. Endlich wenn 2 Atome Basis auf PO^5 (oder, was dasselbe ist, 4 Atome Basis auf $2\,PO^5$) in der Hitze einwirken, so entsteht die Pyrophosphorsäure, welche nach der isomeren Ansicht PO^5 ist und 2 Atome Basis sättigt, nach der polymeren P^2O^{10} ist und 4 Atome Basis sättigt. Kurz je nach der verschiedenen Menge von Basis (worunter auch das Wasser zu begreifen ist), welche auf die Säure wirkt,

Digitized by Google

entsteht immer diejenige Form der Säure, welche für die Sättigung der vorhandenen Basis die angemessenste ist. Folgende Beispiele werden dieses erläutern.

Beim raschen Verbrennen des Phosphors entsteht, weil hier eine Salzbasis fehlt, Metaphosphorsäure. Diese sowohl, als die Pyrophosphorsäure, in Wasser gelöst, verwandeln sich in der Kälte sehr langsam, beim Kochen schneller in gewöhnliche Säure, wegen Einwirkung des überschüssigen, als Basis wirkenden Wassers. Eine solche Auflösung, unter 150° abgedampft, verliert so lange Wasser, bis auf PO^5 nur noch 3 Atome Wasser übrig sind, welche die Stelle von 3 Atomen Basis vertreten. Dieses Hydrat verliert aber bei 237° immer mehr von dem basischen Wasser und hiermit mischt sich dem Hydrat der gewöhnlichen Säure immer mehr Hydrat der Pyrophosphorsäure bei ($PO^5 + 2\,HO$ oder $P^2\,O^{10} + 4\,HO$) und bei noch stärkerem Erhitzen, wodurch $\frac{2}{3}$ des Wassers verdampft werden, bleibt bloſs Hydrat der Metaphosphorsäure ($PO^5 + HO$ oder $P^3\,O^{15} + 3\,HO$), welches dem bei stärkerem Erhitzen als Ganzes verdampft. Wird irgend eine der drei Formen der Phosphorsäure mit Natron geglüht in dem Verhältnisse von PO^5 zu $3\,NaO$ oder mehr, so entsteht eine Verbindung der gewöhnlichen Phosphorsäure mit Natron; dagegen bildet sich bei dem Verhältnisse von PO^5 zu $2\,NaO$ (oder von $P^2\,O^{10}$ zu $4\,NaO$) pyrophosphorsaures und bei dem Verhältnisse von PO^5 zu NaO (oder von $P^3\,O^{15}$ zu $3\,NaO$) metaphosphorsaures Natron. Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Natronsalze wird diese merkwürdigen Verhältnisse noch weiter erläutern.

Natronsalze der gewöhnlichen Phosphorsäure:

a) Sogenanntes *basisch-phosphorsaures Natron* ($3\,NaO + PO^5 + 24\,HO$) krystallisirt aus einer mit Natron versetzten Lösung des folgenden Salzes b, bleibt beim Glühen unverändert.

b) Sogenanntes *neutrales phosphorsaures* Natron ($3\,NaO + HO$ [basisches Wasser] $+ PO^5 + 24\,HO$). Die Krystalle verlieren unter 100° die 24 Atome Krystallwasser, aber erst in der Glühhitze das 1 Atom basisches Wasser, welches neben den 2 Atomen Natron die 3 Atome Basis ausmacht, deren die gewöhnliche Phosphorsäure zu ihrem Bestehn bedarf. Durch dieses Glühen geht das Salz in neutrales pyrophos-

Digitized by Google

phorsaures Natron über, weil nach der Verjagung des 1 Atoms basischen Wassers bloſs 2 Atome Basis übrig bleiben.

c) *Saures, phosphorsaures Natron* ($NaO + 2HO$ [basisches Wasser] $+ PO^5 + 2HO$ [Krystallwasser]). Die Krystalle verlieren unter 100° die Hälfte ihres Wassers, nämlich die 2 Atome Krystallwasser; die 2 Atome basisches Wasser, welche neben dem 1 Atom Natron die 3 Atome Basis bilden, deren die gewöhnliche Phosphorsäure bedarf, werden erst in der Glühhitze ausgetrieben, und die geschmolzene Masse ist metaphosphorsaures Natron, weil auf PO^5 nur 1 Atom (oder auf P^3O^{15} nur 3 Atome) Basis bleibt. Wird jedoch das Salz nur bis zu 190° erhitzt, so entweicht nur 1 Atom basisches Wasser und es bleibt das pyrophosphorsaure Salz e.

Diese drei Natronsalze der gewöhnlichen Phosphorsäure geben mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben Niederschlag ($3AgO + PO^5$) und bei Anwendung der Salze b und c hält die darüber stehende Flüssigkeit freie Salpetersäure.

Natronsalze der Pyrophosphorsäure:

d) *Neutrales.* Durch Glühen des Salzes b, Auflösen und Krystallisiren. Die Krystalle halten: $2NaO + PO^5 + 10HO$ (oder $4NaO + P^2O^{10} + 20HO$). Sämmtliches Wasser entweicht, da es bloſs Krystallwasser ist, bei mäſsiger Wärme und läſst das trockne Salz in übrigens unverändertem Zustande. Seine wässerige Auflösung wird nicht durch Kochen für sich verändert; wird sie dagegen mit Salpetersäure oder einer andern stärkern Säure gekocht, wodurch die Pyrophosphorsäure in Freiheit gesetzt wird, so geht sie in gewöhnliche über und liefert bei nachherigem Neutralisiren mit Natron und Krystallisiren das Salz b.

e) *Saures* ($NaO + HO + PO^5$ oder $2NaO + 2HO + P^2O^{10}$) bleibt zurück, wenn man das Salz e einige Zeit einer Hitze zwischen 190 und 205° aussetzt, wobei es von seinen 2 Atomen basischen Wassers nur 1 Atom verliert. Nicht krystallisirbar. Geht beim Glühen, wodurch das letzte Atom Wasser ausgetrieben wird, in das metaphosphorsaure Salz f über.

Diese zwei pyrophosphorsauren Salze geben mit salpetersaurem Silberoxyd einen weiſsen Niederschlag, welcher enthält: $2AgO + PO^5$ (oder $4AgO + P^2O^{10}$).

Digitized by Google

Die Metaphosphorsäure bildet mit Natron bloſs:

f) *Neutrales Salz* ($NaO + PO^5$ oder $3 NaO + P^3 O^{15}$). Entsteht beim Glühen von c oder e als ein sehr zerflieſsliches Glas; die Auflösung liefert keine Krystalle und reagirt nur wenig sauer; wird sie einige Tage lang bis 205° erhitzt, wobei 1 Atom Wasser zurückgehalten wird und als basisches Wasser in die Verbindung tritt, so bleibt das Salz e. Auch liefert die Lösung mit überschüssigem Natron abgedampft (anhaltendes Kochen unter Ersetzung des Wassers bewirkt dieses nicht) in das Salz a über. Das Salz f giebt mit salpetersaurem Silberoxyd einen weiſsen gallertartigen Niederschlag ($AgO + PO^5$ oder $3 AgO + P^3 O^{15}$).

In folgender Tabelle ist eine Uebersicht dieser Verbindungen der drei Phosphorsäuren in Formeln gegeben; 1 Atom Wasser vertritt darin immer 1 Atom einer wirklichen Salzbasis. Bei der isomeren Ansicht sind alle drei Säuren PO^5, bei der polymeren sind sie PO^5, $P^2 O^{10}$ und $P^3 O^{15}$.

		Isomere Ansicht			Polymere Ansicht		
Gewöhnliche Säure	Hydrat		$3HO$	$+PO^5$		$3HO$	$+PO^5$
	Salz c)	NaO	$+2HO$	$+PO^5$	NaO	$+2HO$	$+PO^5$
	Salz b)	$2NaO$	$+HO$	$+PO^5$	$2NaO$	$+HO$	$+PO^5$
	Salz a)	$3NaO$		$+PO^5$	$3NaO$		$+PO^5$
Pyrophosphorsäure	Hydrat		$2HO$	$+PO^5$		$4HO$	$+P^2O^{10}$
	Salz e)	NaO	$+HO$	$+PO^5$	$2NaO$	$2HO$	$+P^2O^{10}$
	Salz d)	$2NaO$		$+PO^5$	$4NaO$		P^2O^{10}
Metaphosphorsäure	Hydrat		HO	$+PO^5$		$3HO$	$+P^3O^{15}$
	Salz f)	NaO		$+PO^5$	$3NaO$		$+P^3O^{15}$

Die isomere Ansicht giebt einfachere Formeln, die polymere läſst deutlicher den Grund einsehn, warum die eine Säure mehr Basis sättigt, als die andere. Wollte man, um jede Erklärung durch Isomerie und Polymerie zu beseitigen, sagen, die gewöhnliche Phosphorsäure sey eine solche, welche 3 Atom Wasser innig gebunden enthält und daher, mit einer stärkern Salzbasis zusammengebracht, an die Stelle des basischen Wassers ebenso viele Atome der stärkern Salzbase eintauscht, die Pyrophosphorsäure aber sey eine solche, welche nur 2 Atome, und di

Metaphosphorsäure eine solche, welche nur 1 Atom Wasser innig gebunden enthält und daher an dessen Stelle nur 2 oder 1 Atom stärkere Salzbasis bindet, so bleibt unerklärt, warum die beiden letztern Säuren, mit mehr Wasser zusammengebracht, nicht sogleich 3 Atome im Ganzen binden und zu gewöhnlicher Phosphorsäure werden; warum namentlich die durch Verbrennen des Phosphors entstandene Metaphosphorsäure, in noch so viel Wasser gelöst, ihre Eigenthümlichkeit behält und sie nur durch längere Einwirkung des Wassers in der Kälte oder durch kürzere beim Kochen verliert; warum ferner die Pyrophosphorsäure, mit noch so viel Natron bei gewöhnlicher Temperatur zusammengebracht, nur 2 und die Metaphosphorsäure nur 1 Atom aufnimmt, aufser bei Anwendung einer der Glühhitze nahen Temperatur, welche in Verbindung mit der Affinität des Natrons eine Aenderung in der Constitution dieser Säuren hervorbringt. Man ist daher genöthigt, entweder nach der isomeren Ansicht eine verschiedene Aneinanderlegung derselben Zahl von Phosphor- und Sauerstoffatomen anzunehmen, oder nach der polymeren eine verschiedene Zahl der Atome im zusammengesetzten Atom bei unverändert gleichem Verhältnisse.

Aehnliche Verhältnisse, wie bei der Phosphorsäure, kommen nach den Untersuchungen von Berzelius auch bei der tellurigen (TeO) und Tellursäure (Te^2O^3) vor.

Bei der tellurigen Säure sind zwei Modificationen zu unterscheiden, von denen die eine, A, der gewöhnlichen, die andere, B, mehr der Pyro- oder Metaphosphorsäure entsprechen möchte. Schmelzt man tellurige Säure mit Kali zusammen, löst die Masse in Wasser, versetzt sie kalt mit Salpetersäure und wäscht die gefällte tellurige Säure mit kaltem Wasser aus, so erhält man das Hydrat der löslichern Modification A in weifsen Flocken, von metallischem Geschmack, Lackmus röthend, etwas in Wasser, leicht in Salpetersäure und wässerigem kohlensauren Kali löslich. Wird dagegen die durch Salpetersäure gefällte Lösung nur bis zu 40° erwärmt, so fällt der flockige Niederschlag zu dichten wasserfreien Körnern der unlöslichen Modification B zusammen, und auch die wässerige Lösung der Säure A setzt beim Abdampfen die Säure B ab; desgleichen die Auflösung der Säure A in Salpetersäure ohne Abdampfen, besonders wenn sie warm und

concentrirt ist. Die unlösliche Säure B zeigt sehr geringen Geschmack, röthet sehr schwach Lackmus, löst sich nicht in Wasser, wässerigen Säuren und Ammoniak, und nur bei fortgesetztem Kochen in wässerigem kohlensauren Kali; beim Schmelzen mit kohlensaurem Kali geht sie wieder in die Säure A über.

Die löslichere Tellursäure A läſst sich erhalten durch Zersetzung des tellursauren Baryts mit verdünnter Schwefelsäure, Filtriren und Abdampfen, wo sie in wasserhaltigen Krystallen anschieſst. Diese Krystalle ($Te^2O^3 + 3HO$) verlieren bei 160° 2 Atome Wasser ohne Veränderung der Säure; wird aber auch das letzte Atom Wasser ausgetrieben, was noch unter der Glühhitze erfolgt, so ist die Säure in die unlösliche Modification B übergeführt. Die Säure A schmeckt metallisch, röthet Lackmus und löst sich leicht in Wasser und wässerigen Alkalien. Die Säure B löst sich selbst beim Kochen nicht in Wasser, Salpetersäure und wässerigem Kali, auſser wenn letzteres sehr concentrirt ist, welches sie, in die Säure A verwandelt, auflöst. Die Verbindungen des Kali's oder Natrons mit 2 oder 4 Atomen Tellursäure A, fast bis zum Glühen erhitzt, verwandeln sich in Verbindungen der Modification B und gehn dadurch aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand über.

Erklärt man diese verschiedenen Zustände aus der Polymerie, so hat man vielleicht anzunehmen, die tellurige Säure A sey TeO, die tellurige Säure B sey Te^2O^2, die Tellursäure A sey Te^2O^3 und die Tellursäure B sey Te^4O^6.

Es fragt sich, ob die antimonigsauren und antimonsauren Salze, welche in der Hitze verglimmen und dadurch fast unangreifbar durch Säuren werden (s. o.), nicht ebenfalls hierbei aus dem einen polymeren Zustande in den andern übergehn.

Fällt man salzsaures Zinnoxyd durch Ammoniak, so erhält man nach Berzelius ein anderes Zinnoxydhydrat, als wenn man Zinn durch Salpetersäure oxydirt. Ersteres, das *gewöhnliche*, löst sich mit Leichtigkeit in concentrirter Salzsäure, letzteres, das *anomale*, löst sich nicht darin, nimmt aber einen kleinen Theil derselben in sich und löst sich dann nach Abgieſsen der übrigen Salzsäure in gröſsere Mengen von Wasser vollständig auf; die so erhaltene Auflösung gerinnt, selbst bei groſser Verdünnung, wenn man sie erhitzt,

Digitized by Google

und giebt auch mit concentrirter Salzsäure einen Niederschlag, der sich in reinem Wasser wieder löst. Alle diese Verhältnisse kommen bei gewöhnlichem Zinnoxyd nicht vor. Destillirt man das anomale Hydrat mit Salzsäure, so geht eine Verbindung derselben mit gewöhnlichem Zinnoxyd über; auch durch Schmelzen des anomalen Hydrats mit Kalihydrat erhält man eine in Salzsäure lösliche Verbindung von Kali mit gewöhnlichem Oxyd. Umgekehrt setzt die Lösung des gewöhnlichen Oxyds in Salzsäure beim Erhitzen mit Salpetersäure anomales Hydrat ab. Diese Verschiedenheit läſst sich nicht aus der Annahme erklären, das gewöhnliche Hydrat sey amorph, das anomale krystallinisch, daher minder löslich; denn letzteres ist nicht krystallinisch und, einmal gelöst, müſste es sich gleich dem gewöhnlichen verhalten. Wir haben es also auch hier entweder mit zwei isomeren Verbindungen zu thun, die beide SnO^2 wären, oder mit zwei polymeren, nämlich SnO^2 und Sn^2O^4.

Besonders viele Fälle von Polymerie zeigen sich bei den organischen Verbindungen.

Beim Erhitzen des Cyanquecksilbers entwickelt sich das meiste Cyan unverändert, als Cyangas; ein kleiner Theil jedoch bleibt, in ein braunes Pulver verwandelt, in der Retorte zurück. Dieses braune Pulver, das Paracyan, hat nach Johnston dieselbe Zusammensetzung, wie das Cyan (NC^2), und wird als N^3C^6 betrachtet.

Die Cyansäure, Knallsäure und Cyanursäure zeigen in einigen ihrer Verbindungen dieselbe Zusammensetzung, namentlich ist bei allen dreien das Silbersalz: $AgO + NC^2O$. Dennoch zeigen diese Säuren sowohl in ihren Verbindungen, als auch für sich, so weit man sie in diesem Zustande kennt, die auffallendsten Verschiedenheiten. Die Cyansäure ist sehr flüchtig, riecht stechend sauer, zersetzt sich sehr leicht und löst sich reichlich in Wasser. Ihre Verbindung mit Silberoxyd erscheint in weiſsen, nicht in Wasser löslichen Flocken, welche sich in der Hitze nur unter Zischen entzünden und welche mit stärkern Säuren den Geruch der Cyansäure entwickeln. Die Verbindung der Knallsäure (die man nicht für sich kennt) mit Silberoxyd krystallisirt in weiſsen, in Wasser löslichen Nadeln, die in der Hitze und durch den Stoſs

mit Heftigkeit verpuffen[1] und mit Säuren keinen Geruch nach Cyansäure entwickeln. Die Cyanursäure krystallisirt in geruchlosen, nicht leicht zersetzbaren, schwierig in Wasser löslichen, wasserhaltigen Säulen und bildet mit Silberoxyd weiſse, nicht in Wasser lösliche, beim Erhitzen nicht verpuffende Flocken. Diese Verschiedenheiten lassen sich mit Liebig mittelst der Polymerie durch die Annahme erklären, daſs die Knallsäure zweimal und die Cyanursäure dreimal so viel Atome enthält, als die Cyansäure; mit der Zahl der Atome wächst jedoch hier das Vermögen, die Basen zu neutralisiren, oder die Sättigungscapacität in gleichem Verhältnisse. Während 1 Atom Cyansäure (NC^2O) 1 Atom Basis neutralisirt, so neutralisirt 1 Atom Knallsäure ($N^2C^4O^2$) 2 Atome und 1 Atom Cyanursäure ($N^3C^6O^3$) 3 Atome Basis. Daher ist die Cyansäure ein-, die Knallsäure zwei- und die Cyanursäure dreibasisch. Hiernach ist das cyansaure Silberoxyd $AgO + NC^2O$, das knallsaure $2AgO + N^2C^4O^2$, das cyanursaure $3AgO + N^3C^6O^3$. Die Neigung der Knallsäure, Doppelsalze zu erzeugen, hängt mit ihrer zweibasischen Natur zusammen; es wird das eine Atom der Basis oft durch ein anderes ersetzt; so ist das knallsaure Silberoxydkali $KO + AgO + N^2C^4O^2$. Für die Zusammensetzung der Cyanursäure aus einer dreifachen Atomzahl und für ihre dreibasische Natur sprechen ihre Verhältnisse gegen Wasser und Kali, welche an die der gewöhnlichen Phosphorsäure gegen Wasser und Natron erinnern. Ihre aus der Lösung in heiſser Salzsäure erhaltenen Krystalle sind ihr Hydrat und halten auf 1 Atom Säure ($N^3C^6O^3$) 3 Atome Wasser, welches sich daraus nicht entfernen läſst und die Stelle von 3 Atomen Salzbasis vertritt. Sie bildet mit Kali 2 Salze, welche auf 1 Atom der Säure ein oder zwei Kali halten. Das Salz mit 1 Atom Kali behält noch 2 Atome basisches Wasser, das Salz mit 2 Atomen Kali noch 1 Wasser. So entstehn folgende Formeln:

Cyanursäurehydrat $= 3HO + N^3C^6O^3$;
Kalisalz mit 1 Atom Kali $= 2HO + KO + N^3C^6O^3$;
Kalisalz mit 2 Atomen Kali $= HO + 2KO + N^3C^6O^3$.

Eine vierte hierher gehörige Verbindung ist die unlösliche Cyanursäure oder das Cyamelid. Es entsteht, wenn man

1 S. Art. *Silber*. Bd. VIII. S. 799.

das Cyansäurehydrat ($NC^2O + HO$) sich selbst überläſst. Es ist eine weiſse, geruchlose, nicht krystallinische, in Wasser, Salzsäure und Salpetersäure selbst beim Kochen weder lösliche noch zersetzbare Materie, welche beim Erhitzen mit Vitriolöl gleich dem Cyansäurehydrat in schwefelsaures Ammoniak und entweichende Kohlensäure zerfällt, während die lösliche Cyansäure hierdurch nicht zersetzbar ist. Sie enthält die vier Elemente Stickstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff genau in demselben Verhältnisse, wie das Cyansäurehydrat und das Cyanursäurehydrat; aber nach welcher Atomzahl und in welcher Art der Verbindung, ist nicht bekannt. Diese drei Verbindungen werden vielfach in einander umgewandelt. Das Cyamelid sowohl als die krystallisirte Cyanursäure, in einer Retorte erhitzt, destilliren als Cyansäurehydrat über, welches nach einiger Zeit wieder zu Cyamelid gesteht; das Cyamelid löst sich in wässerigem Kali zu cyansaurem Kali auf; schmelzt man cyanursaures Kali, so wird es unter Entweichen von Wasser und einem Theil der sich erzeugenden Cyansäure zu cyansaurem Kali; umgekehrt wird, wenn man zu einer wässerigen Auflösung des cyansauren Kali's so viel Essigsäure fügt, daſs dadurch nur ein Theil des Kali's entzogen wird, cyanursaures Kali niedergeschlagen. Nach Liebig's Vermuthung beruht die Verschiedenheit des Cyamelids von den Hydraten der Cyansäure und Cyanursäure nicht auf Polymerie, sondern auf Metamerie (s. u.). Während nämlich diese beiden Hydrate Cyan + Sauerstoff + Wasser nach verschiedener Atomzahl enthalten, sieht er das Cyamelid als eine Verbindung von 2 Atomen Kohlenoxyd mit 1 Atom eines Stickwasserstoffs an, welcher 1 Atom Stickstoff auf 1 Atom Wasserstoff enthält ($C^2O^2 + NH$). Die Atome sind hier dieselben, wie im Cyansäurehydrat, aber zuvor zu andern näheren Verbindungen vereinigt.

Das flüchtigere Chlorcyan ($NC^2 + Cl$) ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig und krystallisirt bei — 18° in Nadeln; das fixere Chlorcyan ($3NC^2 + 3Cl$) ist bei gewöhnlicher Temperatur fest und siedet erst bei 190°; es zerfällt beim Kochen mit Wasser in Salzsäure und Cyanursäure.

Die krystallisirte Traubensäure hält $C^4H^4O^7$; bei 100° verliert sie 1 Atom Wasser und es bleiben also $C^4H^3O^6$;

Digitized by Google

ihre völlig getrocknete Verbindung mit Bleioxyd hält $PbO + C^4 H^2 O^5$; die krystallisirte Weinsäure läſst sich durch Erhitzen nicht weiter entwässern; sie enthält gleich der getrockneten Traubensäure $C^4 H^3 O^6$ und ihr Bleisalz ist ebenfalls $PbO + C^4 H^2 O^5$. Also sind sich sowohl die für sich möglichst entwässerten Säuren in ihrer Zusammensetzung gleich, als auch die hypothetisch trocknen Säuren im Bleisalze. Beide Säuren liefern bei der trocknen Destillation dieselben Producte. Dennoch sind ihre Eigenschaften und die ihrer Verbindungen wesentlich verschieden. Liebig hat gezeigt, daſs sich die Verhältnisse der Weinsäure genügender verstehn lassen, wenn man ihre Atomzahl verdoppelt und sie dadurch in die Reihe der zweibasischen Säuren setzt, wofür ihre groſse Neigung, Doppelsalze zu bilden, in welchen 2 Atome von zwei verschiedenen Salzbasen enthalten sind, spricht. Hiernach wäre

die hypothetisch trockne Weinsäure	=		$C^8 H^4 O^{10}$,
die krystallisirte Weinsäure	=	$2HO$	$+ C^8 H^4 U^{10}$,
der Weinstein	=	$KO + HO$	$+ C^8 H^4 O^{10}$,
das einfach-weinsaure Kali	=	$2KO$	$+ C^8 H^4 O^{10}$.

Vor der Hand liegt übrigens nur ein Grund vor, das Atomgewicht der Traubensäure einfach zu lassen, wenn das der Weinsäure verdoppelt wird. Denn das Verhalten der Traubensäure gegen Salzbasen ist, so weit man es kennt, dem der Weinsäure ähnlich. Aber Berzelius bemerkte bereits, daſs bei der Neutralisation des doppelt-traubensauren Kali's mit Natron und Abdampfen kein dem Seignettesalz ähnliches Doppelsalz erhalten werde, sondern eine verworrene Salzmasse, die vielleicht bloſs ein Gemenge der beiden einfachen Salze sey, und ich überzeugte mich in der That, daſs zuerst reines traubensaures Natron krystallisirt, dann fast reines traubensaures Kali. Dieser Umstand möchte gestatten, das Atomgewicht der Traubensäure einfach zu lassen und die Verschiedenheit beider Säuren aus der Polymerie zu erklären.

Auſser diesem noch zweifelhafteren Falle von Polymerie der Weinsäure mit der Traubensäure bietet die Weinsäure noch einige bestimmtere Fälle von Polymerie dar. Wird nämlich die krystallisirte Säure behutsam geschmolzen, so verliert sie immer mehr Wasser; ist $\frac{1}{3}$ ihres basischen Wassers ausgetrie-

Digitized by Google

ben, so ist sie in Tartrilsäure verwandelt, und wenn sie bei längerem Schmelzen $\frac{1}{6}$ weiter verloren hat, in Tartrelsäure. Es ist dasselbe Verhalten, wie das des Hydrats der gewöhnlichen Phosphorsäure, welches beim Erhitzen unter Verlust von Wasser zuerst in das Hydrat der Pyrophosphorsäure, dann in das der Metaphosphorsäure umgewandelt wird. Im Verhältnisse, als die Menge des basischen Wassers abnimmt, vereinigen sich die einfachen Atome in der Weinsäure zu gröſsern zusammengesetzten Atomen, die einer geringeren Menge einer Basis oder des Wassers zur Sättigung bedürfen. Dieses wird aus folgender Uebersicht anschaulich.

Krystallisirte Weinsäure	$= 2\,HO + C^8H^4O^{10}$;
Tartrilsäure	$= 1\frac{1}{3}HO + C^8H^4O^{10} = 2HO + C^{12}H^6O^{15}$;
Tartrelsäure	$= HO + C^8H^4O^{10} = 2HO + C^{16}H^8O^{20}$.

Hiernach hält 1 Atom der hypothetisch trocknen Tartrilsäure ($C^{12}H^6O^{15}$) $1\frac{1}{3}$mal und 1 Atom der hypothetisch trocknen Tartrelsäure ($C^{16}H^8O^{20}$) zweimal so viel Atome, als 1 Atom der hypothetisch trocknen Weinsäure.

Wegen der vermutheten Isomerie oder Polymerie zwischen Citronensäure und Aepfelsäure und zwischen Sumarsäure und Equisetsäure sind noch weitere Untersuchungen abzuwarten.

Wie bereits im Artikel *organische Verbindungen* gezeigt wurde, so giebt es viele Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff, nach demselben Verhältnisse zusammengesetzt und doch von verschiedenen Eigenschaften. Im Verhältniſs von 6 Theilen Kohlenstoff auf 1 Theil Wasserstoff (CH) sind zusammengesetzt: ölerzeugendes Gas, flüchtigeres Oel des Oelgases, Steinöl, Eupion, Wachsöl, Weinöl, Weinölcampher, Rosencampher, Paraffin und Ceten. Vom ölerzeugenden Gas wird angenommen, es sey CH; vom flüchtigern Oele des Oelgases, es sey C^2H^2, wofür spricht, daſs sein Dampf zweimal so schwer ist, als das ölerzeugende Gas. Da das Ceten aus dem Aethal ($C^{32}H^{34}O^2$) durch Entziehung von Wasser mittelst Erhitzens mit Phosphorsäure entsteht, so ist es wahrscheinlich $C^{32}H^{32}$, und da das Weinöl aus dem Weingeiste ($C^4H^6O^2$) ebenfalls durch Wasserentziehung entsteht, so ist es vielleicht C^4H^4. Bei den übrigen der ge-

Digitized by Google

nannten Verbindungen giebt es keinen Anhaltpunct, von welchem aus die Atomzahl mit einiger Wahrscheinlichkeit zu bestimmen wäre.

Es enthalten ferner 12 Theile Kohlenstoff auf 1 Wasserstoff (C^2H): der Oelgascampher und das Benzin. Aus der Bildung des letztern durch Erhitzen von Benzoesäure ($C^{14}H^6O^4$) mit Kalk, welcher 2 Atome Kohlenstoff und 4 Sauerstoff als Kohlensäure bindet, läſst sich vermuthen, daſs das Benzin $C^{12}H^6$ sey. Das Verhältniſs von 30 Theilen Kohlenstoff auf 4 Theile Wasserstoff (C^5H^4) findet sich beim Kautschin, Citronenöl, Dadyl, Peucyl, Wachholderöl, Sadebaumöl und Schwarzpfefferöl. Das Citronenöl ist wahrscheinlich $C^{10}H^8$ und das Dadyl $C^{20}H^{16}$, da die campherartige Verbindung des erstern mit Salzsäure $C^{10}H^9Cl$ und die letztere $C^{20}H^{17}Cl$ ist. Endlich scheinen sowohl Naphthalin, als auch Paranaphthalin C^5H^2 zu seyn.

Der Methylenäther ist C^2H^3O; der Weingeist $C^4H^6O^2$. Mit dieser doppelten Atomzahl im Weingeist hängt es wohl zusammen, daſs er eine tropſbare Flüssigkeit darstellt, während der Methylenäther gasſörmig ist; doch haben Weingeistdampf und Methylenäther dasselbe specifische Gewicht, sofern ersterer ein einatomiges, letzterer ein zweiatomiges Gas bildet.

Auch bei den verschiedenen Arten des Zuckers, Gummi's und Stärkmehls scheinen Isomerien oder Polymerien vorzukommen und auch das Gerinnen des Eiweiſsstoffes in der Hitze ist vielleicht von einer solchen Ursache abzuleiten.

c) Metamerie.

Hierunter versteht Berzelius den Fall, wo die zusammengesetzten Atome von zwei Verbindungen zwar im Ganzen dieselben Elementaratome nach derselben Zahl enthalten, jedoch aus verschiedenen näheren Bestandtheilen zusammengesetzt sind. Die metameren Verbindungen sind daher immer Verbindungen einer höheren Ordnung, ihre zusammengesetzten Atome sind aus den zusammengesetzten Atomen der nähern Bestandtheile gebildet, und diese letzteren sind in den beiden metameren Verbindungen verschieden. Um durch ein einfaches Beispiel dieses Verhältniſs deutlicher zu machen, so würde die Verbindung von 1 Atom Zinnoxydul mit 1 Atom Schwe-

Digitized by Google

felsäure ($SnO + OOOS$) dieselben Elemente nach derselben Atomzahl enthalten, wie eine Verbindung (wenn sie möglich wäre) von 1 Atom Zinnoxyd mit 1 Atom schwefliger Säure ($SnOO + OOS$). Die wenigen hierher gehörigen Fälle kommen bei den organischen Verbindungen vor.

Der Eisessig ist hypothetisch trockne Essigsäure ($C^4H^3O^3$) + Wasser (HO), zusammen $C^4H^4O^4$; der ameisensäure Methylenäther ist Ameisensäure (C^2HO^3) + Methylenäther (C^2H^3O), zusammen $C^4H^4O^4$.

Die Ameisennaphtha ist Ameisensäure (C^2HO^3) + Aether (C^4H^5O), zusammen $C^6H^6O^4$; der essigsaure Methylenäther ist Essigsäure ($C^4H^3O^3$) + Methylenäther (C^2H^3O), zusammen $C^6H^6O^4$. Specifisches Gewicht der tropfbar-flüssigen Ameisennaphtha 0,916, des essigsauren Methylenäthers 0,919. Siedepunct der ersteren 56°, des letzteren 58°; das specifische Gewicht des Dampfes ist bei beiden gleich, nämlich ungefähr 2,57. Dieser Uebereinstimmung in Zusammensetzung und mehreren Eigenschaften ungeachtet sind diese beiden Verbindungen verschieden; bei der Behandlung mit Kali zerfällt die Ameisennaphtha in ameisensaures Kali und Weingeist, der essigsaure Methylenäther in essigsaures Kali und Holzgeist.

Beim Einwirken der Schwefelsäure auf Weingeist können sich, je nach den Umständen, drei verschiedene Säuren bilden, die Weinschwefelsäure, die Aethionsäure und die Isäthionsäure. Alle drei scheinen zu enthalten $C^4H^5O^7S^2$ und ihre Verschiedenheit scheint auf Metamerie zu beruhen. Die Weinschwefelsäure wird betrachtet als eine Verbindung von 2 Atomen Schwefelsäure und 1 Atom Aether ($C^4H^5O + O^6S^2$); die Isäthionsäure scheint zu enthalten 1 Atom Unterschwefelsäure mit 1 Atom Aetheroxyd oder, wenn man den Aether als Aethyloxyd betrachtet, mit 1 Atom Aethylbioxyd ($C^4H^5O^2 + O^5S^2$). Es sind hierüber weitere Untersuchungen abzuwarten.

Das Aldehyd ist $C^4H^4O^2$ und sein Dampf wiegt 1,5317; die Essignaphtha, welche aus Essigsäure ($C^4H^3O^3$) und Aether (C^4H^5O) besteht, ist $C^8H^8O^8$ und ihr Dampf wiegt 3,0506, also das Doppelte.

Endlich ist noch folgender eigenthümlicher Fall ins Gebiet der Metamerie zu rechnen. Mischt man in der Kälte Cyan-

Digitized by Google

säure mit wässerigem Ammoniak, so enthält die Flüssigkeit cyansaures Ammoniak, was sich dadurch beweisen läſst, daſs sie mit stärkern Säuren Cyansäure und mit fixen Alkalien Ammoniak entwickelt. Aber Erwärmung und selbst freiwilliges Verdunsten ist schon hinreichend, dieses Salz in Harnstoff umzuwandeln, welcher jene Erscheinungen mit Säuren und Alkalien nicht mehr hervorbringt. Der Harnstoff ist $N^2 C^2 H^4 O^2$; dieselben Atome würden 1 Atom cyansaures Ammoniak + 1 Atom Krystallwasser enthalten, nämlich $NC^2O + NH^3 + HO$. Es ist also durch eine andere Zusammenfügung der Elementaratome das gewässerte cyansaure Ammoniak in Harnstoff umgewandelt.

IV. Aufhebung chemischer Verbindungen.

Eine jede chemische Verbindung läſst sich, so weit die Erfahrung reicht, wieder aufheben. Welche Stoffe man auch mit einander verbinden möge, so ist man im Stande, sie wieder zu trennen und für sich darzustellen. Möglich bleibt es jedoch, daſs Verbindungen existiren, die wegen zu groſser Innigkeit den bisherigen Trennungsversuchen widerstanden, und daſs mehrere bis jetzt unzerlegte Stoffe solche innige Verbindungen sind.

Die Aufhebung einer chemischen Verbindung ist die *Zersetzung*, *Decomposition;* die Verbindung wird *zersetzt*, *decomponirt;* die sich hierbei von der ursprünglichen Verbindung heterogen darstellenden Stoffe kann man als die *Zersetzungstheile* bezeichnen. Diese Zersetzungstheile sind entweder *Zersetzungseducte* oder *Zersetzungsproducte*. Educte heiſsen sie, wenn sie bereits vor der Zersetzung in der Verbindung enthalten waren und einen Bestandtheil derselben ausmachten; Producte sind während der Zersetzung neu entstandene Verbindungen. So ist die Kohlensäure, welche sich beim Einwirken der Salzsäure auf kohlensauren Kalk entwickelt, ein Educt, dagegen diejenige, welche beim Erhitzen von Kohle mit Quecksilberoxyd entsteht, ein Product. Ein Zersetzungsproduct ist daher immer ein zusammengesetzter Stoff; ein Educt kann einfach oder zusammengesetzt seyn; letzteres namentlich, wenn die sich zersetzende Verbindung nähere und entferntere Bestandtheile enthält, wie der kohlensaure Kalk.

Digitized by Google

Je nach der Art der Zersetzung erhält man entweder bloſs Educte (Wasser durch den elektrischen Strom zersetzt) oder bloſs Producte (Wasser durch Phosphorkalium zersetzt) oder beide zugleich (Wasser durch Kalium zersetzt).

1) Bedingungen der chemischen Zersetzung.

Soll die Zersetzung einer Verbindung eintreten, so müssen den Kräften, welche ihre Bestandtheile zusammenhalten, überwiegende Kräfte entgegenwirken. Die meisten Zersetzungen werden durch einwirkende stärkere Affinitäten hervorgebracht, wovon unten ausführlicher; doch auch einige andere Naturkräfte vermögen mitunter Zersetzungen zu bewirken, und hierüber ist Folgendes zu bemerken.

a) Durch den *Druck* läſst sich keine chemische Verbindung wägbarer Stoffe trennen. Aus dem Schwamm läſst sich das Wasser auspressen, ein Beweis, daſs der Druck eine durch Adhäsion hervorgebrachte Verbindung aufzuheben vermag, aber der stärkste Druck treibt aus Gyps und andern Salzen, die Krystallwasser enthalten, wofern hierbei nicht eine zur Schmelzung des Salzes hinreichende Temperaturerhöhung eintritt, kein Wasser aus. Man führte zwar als einen Beweis der Zersetzung einer chemischen Verbindung durch den Druck das Beispiel vom Bleiamalgam und andern Amalgamen an, aus welchen sich durch starken Druck laufendes Quecksilber auspressen lasse; doch beruht dieses auf einem Irrthume. Wenn man Blei, Silber u. s. w. mit überschüssigem Quecksilber vereinigt, so bildet sich eine proportionirte Verbindung, welche fest ist und körnig krystallisirt, und das überschüssige Quecksilber, worin ein kleiner Theil der festen Verbindung gelöst enthalten ist, bleibt flüssig. Diese flüssige Lösung des Amalgams in überflüssigem Quecksilber läſst sich wegen groſser Adhäsion nicht so vollständig von dem körnigen Amalgam trennen, daſs nicht bei stärkerem Pressen noch ein Theil abflieſsen sollte. Ist die feste Verbindung nach dem richtigen Verhältnisse dargestellt, so daſs kein Quecksilber überschüssig bleibt, so läſst sich auch kein Quecksilber auspressen. Nur bei den Verbindungen wägbarer Stoffe mit unwägbaren, wie mit der Wärme, ist Zersetzung durch den Druck möglich; so zerfallen elastische Flüssigkeiten durch den Druck in tropfbare Flüssigkeiten und freiwerdende Wärme.

Digitized by Google

Vielleicht könnte man auch die Entwickelung von Licht, Wärme und Elektricität beim Drücken und Reiben verschiedener Stoffe als Folge einer Zersetzung betrachten.

b) *Schwerkraft.* Wenn in einer flüssigen Verbindung ein leichterer und ein schwererer Stoff enthalten sind, so wäre es denkbar, daſs sich bei längerer Ruhe ersterer mehr nach oben, letzterer mehr nach unten begäbe, so daſs, wenn auch keine vollständige Scheidung erfolgte, doch der obere Theil der Flüssigkeit reicher an dem leichtern, der untere reicher an dem schwereren Stoffe würde. Es liegt jedoch noch keine präcise Erfahrung vor, welche diese Wirkungsweise der Schwerkraft auſser allen Zweifel stellte. Allerdings will man gefunden haben, daſs in den Behältern, in welchen die gradirte Salzsoole aufbewahrt wird, die oberen Schichten der Flüssigkeit specifisch leichter, also salzärmer sind, als die unteren. Da jedoch dergleichen Behälter nicht auf einmal mit einer und derselben Soole gefüllt werden, sondern nach und nach mit verschieden stark gradirter, so lagern sich die weniger stark gradirten Antheile über die schwereren und mischen sich dann in der Ruhe nur äuſserst langsam gleichförmig. Auch könnte die Soole aus feuchter Luft noch Wasser anziehen und sich dadurch an der Oberfläche verdünnen. Ebenso will man gefunden haben, daſs in Fässern aufbewahrter Branntwein in den obern Schichten weingeist-, in den untern wasserreicher geworden sey. Auch hier fragt es sich, ob das Faſs nicht mit verschiedenen Antheilen Branntwein von verschiedener Stärke gefüllt wurde, die sich über einander lagerten. Ferner fand Leblanc[1], daſs, wenn sich in einer gesättigten Lösung eines Salzes Krystalle desselben theils im oberen Theile der Flüssigkeit, theils auf dem Boden befinden, die ersteren sich allmälig auflösen und die letzteren in demselben Verhältnisse wachsen. Diese Erscheinung erklärt Berthollet[2] aus einer Senkung der Salztheilchen durch ihr Gewicht; sie läſst sich aber ungezwungen daraus erklären, daſs die höheren Luftschichten, die das Gefäſs umgeben, wärmer sind, als die unteren, daſs daher der obere Theil der Flüssigkeit ebenfalls wärmer ist, daher das oben befindliche Salz

1 Journ. de Phys. T. XXXIII. p. 376.
2 Stat. chim. T. I. p. 49.

Digitized by Google

löst, wodurch er schwerer wird, sich senkt, sich auf dem Boden wieder mehr abkühlt und Krystallmasse absetzt. Selbst wenn die Temperaturdifferenz nur 0°,01 und weniger betragen sollte, so würde diese Erscheinung eintreten. Es hält endlich schwer, Flintglas von überall gleicher Beschaffenheit zu erhalten; der untere Theil fällt leicht reicher an dem schwereren Bleioxyd aus, als der obere; aber auch diese Erfahrung bedarf zur Erklärung nicht der Annahme einer Senkung des Bleioxyds aus dem einmal gleichförmig gemischten Glase. Wenn ein Gemenge von Bleioxyd, Kieselerde und Alkali geglüht wird, so schmilzt das Bleioxyd zuerst und senkt sich zu Boden, ehe es noch in gleichförmige Verbindung mit den übrigen Ingredienzen tritt. Später schmelzen auch diese, aber da sich verschieden schwere Flüssigkeiten in der Ruhe überhaupt nur langsam mischen und hier die Zähigkeit der geschmolzenen Masse noch besonders die gleichförmige Verbindung hindert, so entsteht anfangs immer ein ungleichförmiges Glas. Nur oft wiederholtes, sorgfältiges Umrühren kann bewirken, daſs sich die Stoffe überall nach demselben Verhältnisse vereinigen. Ist diese Vereinigung aber einmal bewirkt, so ist anzunehmen, daſs das Glas, auf längere Zeit in der Ruhe der Schmelzhitze ausgesetzt, seine Gleichförmigkeit behalten werde. Dieses ergiebt sich aus Faraday's[1] Vorschrift für die Bereitung des Flintglases, so wie aus Fraunhofer's Angabe, eine 400 ℔ schwere Glasmasse erhalten zu haben, die sich im obern Theile ebenso verhielt, wie im unteren, was bei der langen Zeit, welcher eine solche Masse zum Erstarren bedarf, nicht denkbar wäre, wenn man die Senkung des Bleioxyds aus der einmal erzeugten gleichförmigen Verbindung für möglich hält.

c) Eine viel entschiedenere Wirksamkeit auf die Trennung chemischer Verbindungen, wenigstens der loseren, äuſsert die *Cohäsion*. Bei der Auflösung eines starren Stoffes in einer tropfbaren Flüssigkeit wirkt, wie oben auseinandergesetzt wurde, die Cohäsion des ersteren der Auflösung entgegen. Beide Kräfte setzen sich mit einander ins Gleichgewicht, d. h. im Verhältniſs, als die Flüssigkeit immer mehr vom starren Körper aufnimmt, vermindert sich ihr Bestreben,

1 Poggendorff's Ann. XVIII. 515.

noch mehr aufzulöſen, oder ihre Affinität zu demſelben, und iſt am Ende nicht bedeutender, als das Beſtreben der Theile des ſtarren Körpers, vereinigt zu bleiben, oder ihre Cohäſion. Hiermit hört die weitere Auflöſung auf. Da jedoch durch Temperaturerhöhung die Cohäſion der ſtarren Körper vermindert zu werden pflegt, ſo tritt beim Erwärmen bis zu einem gewiſſen Puncte meiſtens eine neue Auflöſung ein, bis mit dieſer weitern Sättigung der Flüſſigkeit ihre Affinität zum ſtarren Körper ſo weit verringert iſt, daſs ihr die, wiewohl durch die Erwärmung geſchwächte, Cohäſion deſſelben wieder das Gleichgewicht zu halten vermag. Wird nun eine ſolche in der Wärme geſättigte Löſung wieder auf ihren vorigen Punct abgekühlt, womit auch wieder die Cohäſion des ſtarren Körpers ihre frühere Stärke und das Uebergewicht über die Affinität erlangt, ſo ſcheidet ſich ein Theil des ſtarren Körpers aus der Flüſſigkeit ab und vereinigt ſich zu gröſsern, meiſt kryſtalliniſchen Maſſen, und es bleibt nur ſo viel vom ſtarren Körper gelöſt, als die Flüſſigkeit bei dieſer niederen Temperatur unmittelbar von ihm aufgenommen haben würde. Dieſe Abſcheidung heiſst die *freiwillige* oder *falſche Niederſchlagung* (*Praecipitatio ſpontanea*), ſofern ſie erfolgt, ohne daſs ein wägbarer Körper zur Flüſſigkeit gefügt wird.

Dieſe freiwillige Niederſchlagung durch Abkühlung zeigt ſich bei den Auflöſungen der meiſten Salze in Waſſer und Weingeiſt, verſchiedener Campher- und Fettarten in Weingeiſt und Aether und in ſehr vielen andern Fällen. Halten wäſſerige Löſungen das Waſſer im Ueberſchuſs, ſo ſetzen ſie unter 0° häufig einen Theil deſſelben als Eis ab, während eine concentrirtere Löſung flüſſig bleibt; denn bei einer Temperatur unter 0° überwiegt auch die Cohäſion des Eiſes über ſeine Affinität zum Salz, und während eine geſättigte Salzlöſung in der Kälte Salz abſetzt, ſo ſcheidet ſich aus der verdünnten Eis aus. Ein ähnliches Verhältniſs zeigt das Waſſer gegen die Eſſigſäure. Die concentrirteſte Eſſigſäure, die man darzuſtellen vermag, der Eiseſſig, gefriert ſchon bei + 15°; wird er mit $\frac{1}{8}$ Waſſer gemiſcht, ſo gefriert bei ſtärkerer Kälte Eiseſſig heraus und es bleibt eine Verbindung von Eiseſſig mit wenig Waſſer flüſſig; bei mehr Waſſer gefriert nichts heraus; bei noch mehr Waſſer gefriert dieſes heraus, während eine concentrirtere Eſſigſäure flüſſig bleibt. Wird der mit $\frac{1}{8}$ Waſſer gemiſchte

Eisessig, statt der Abkühlung, bei + 15° einem Druck von 1100 Atmosphären ausgesetzt, so krystallisiren nach Perkins[1] ungefähr $\frac{7}{8}$ des Gemisches in einigen Minuten zu Eisessig, während eine schwächere Essigsäure flüssig bleibt. Es scheint hiernach, daſs ein stärkerer Druck, gleich einer stärkern Kälte, die Cohäsion vermehrt.

Es zeigen sich jedoch bei der freiwilligen Niederschlagung folgende Anomalieen. Einige starre Körper, wie Kalk und citronsaurer Kalk, sind, wie oben bemerkt, in kaltem Wasser reichlicher löslich, als in heiſsem. Eine in der Kälte gesättigte Lösung derselben trübt sich daher umgekehrt beim Erhitzen und klärt sich wieder beim Erkalten. Hiermit hängt wahrscheinlich folgende auffallende Erscheinung zusammen: wässeriges Kali löst in der Kälte sehr viel einfach-weinsauren Kalk auf; so oft man die klare Flüssigkeit erhitzt, so gesteht sie durch Ausscheidung von weinsaurem Kalk zu einer weiſsen, kleisterartigen Masse, die aber in der Kälte nach einiger Zeit wieder klar und flüssig wird. Der sich in der Hitze erzeugende Niederschlag ist nach Osann drittel-weinsaurer Kalk, daher er vermuthet, daſs bei jedesmaligem Erhitzen das Kali dem einfach-weinsauren Kalk $\frac{2}{3}$ der Weinsäure entziehe und das basische Salz fälle, welches dann in der Kälte wieder die verlorene Säure aufnehme und dadurch löslich werde. Das Glaubersalz zeigt ein doppeltes Verhalten. Es löst sich um so reichlicher im Wasser, je mehr dieses erwärmt wird, wenn nur nicht die Temperatur über 33° hinausgeht, weil sonst die Löslichkeit wieder abnimmt; bei 33° mit Glaubersalz gesättigtes Wasser giebt daher sowohl beim Erkälten Krystalle, und zwar von gewässertem Salz, als bei stärkerem Erhitzen, wo sich wasserfreies Salz ausscheidet.

Aehnliche Anomalieen zeigen das Coniin und Animin, nur daſs wir es hier bloſs mit tropfbaren Flüssigkeiten zu thun haben. Coniin, bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser geschüttelt, nimmt eine kleine Menge auf; die klare Flüssigkeit trübt sich bei jedesmaligem noch so gelinden Erwärmen durch Ausscheidung von Wasser und klärt sich wieder beim Erkalten. Das Animin löst sich in 20 Theilen kalten Wassers;

---

1 Schweigger's Journ. Th. XXXIX. S. 361.

die Auflösung trübt sich bei jedesmaligem Erhitzen durch Ausscheidung von Animin, was sich beim Erkalten wieder löst.

d) Einige Erfahrungen scheinen zu beweisen, daſs auch die *Adhäsion* im Stande ist, lose chemische Verbindungen aufzuheben. Wagenmann[1] fand, daſs, wenn man durch reinen Quarzsand Essig filtrirt, die zuerst durchgehende Flüssigkeit fast aller Säure beraubt ist und erst, nachdem sich der Sand hinlänglich mit Essigsäure beladen hat, der Essig unverändert hindurchgeht. Mit Wasser verdünnter Kartoffelbranntwein, durch Quarzsand filtrirt, liefert zuerst reines Wasser, dann Wasser mit Weingeist, seines Fuselöls beraubt, dann das unveränderte Gemisch. Auch Holzspäne entziehen dem Essig anfangs fast alle Säure, und noch stärker wirkt die Holzkohle; bei diesen beiden Stoffen möchte jedoch eine Affinität zur Essigsäure die Ursache seyn.

Vielleicht gehört hierher auch die merkwürdige Erfahrung von Sömmerring[2], daſs ein Gemisch von Wasser und Weingeist, in eine Thierblase eingeschlossen und der warmen Luft ausgesetzt, fast bloſs Wasser verdunsten läſst, so daſs endlich absoluter Weingeist zurückbleibt. Eine Thierblase, mit Weingeist in Berührung, wird trocken und spröde; dagegen erweicht sie sich in Wasser und schwillt durch Aufnahme desselben auf. Steht daher ihre innere Wandung mit einem Gemisch aus Weingeist und Wasser in Berührung, so nimmt sie vorzugsweise letzteres auf und läſst es bis zur äuſsern Wandung hindurch dringen, wo es dann unter Mitwirkung der warmen Luft verdunstet und das Nachdringen frischer Wassertheile möglich macht. Ist dieses Erweichen der thierischen Blase durch Wasser eine Affinitätsäuſserung und die erweichte Blase als eine Art Hydrat zu betrachten, so gehört dieser Fall nicht hierher; ist aber diese Erweichung bloſs eine Folge der Haarröhrchenanziehung, was wahrscheinlicher seyn möchte, dann wird durch die Adhäsion der Blase zum Wasser die lose chemische Verbindung zwischen Wasser und Weingeist aufgehoben.

e) Eine noch zweifelhafte Zersetzungsweise ist die durch

1 Poggendorff's Ann. XXIV. 620.

2 Münchener Denkschriften. S. 1811, 1814, 1820, 1824.

Contactwirkung oder durch die *katalytische Kraft*. Hierunter verstehn Mitscherlich[1] und Berzelius[2] die Erscheinung, daſs ein mit einer Verbindung in Berührung gebrachter fester oder tropfbarer Körper eine Zersetzung desselben veranlaſst, ohne hierbei irgend eine chemische oder mechanische Aenderung zu erleiden, oder wenigstens, wenn eine chemische Aenderung desselben eintritt, ohne doch etwas von den Bestandtheilen der durch ihn zersetzten Verbindung aufzunehmen. Der katalytische Körper bewirkt durch seine bloſse Gegenwart, nicht durch seine Affinität, daſs sich in der davon berührten Verbindung durch Einwirkung der schlummernden Affinitäten die Elemente nach andern Verhältnissen, nach welchen eine gröſsere elektrochemische Neutralisirung erfolgt, vereinigen. Diese katalytische Kraft betrachtet Berzelius als eine eigenthümliche *elektrochemische* Aeuſserungsweise. Hierher gehört besonders Folgendes.

Das Wasser läſst sich, wiewohl nur sehr schwierig, durch Substitution (III. 1. I) mit 1 Atom Sauerstoff weiter vereinigen und bildet so das Wasserstoffhyperoxyd (HO^2). Dieses zweite Atom Sauerstoff ist nur höchst lose gebunden und entweicht schon bei gewöhnlicher Temperatur von selbst unter sehr langsamem Blasenwerfen, was bei 20° schon bedeutender ist und bei stärkerer Erwärmung in eine lebhafte Gasentwickelung übergeht, welche sich, da diese Zersetzung von Wärmeentwickelung begleitet ist, immer mehr und endlich bis zu einer schwachen Explosion steigert. Es giebt nun viele Stoffe, welche, wenn sie in vertheilter Gestalt bei gewöhnlicher Temperatur in das Wasserstoffhyperoxyd gebracht werden, eine heftige Gasentwickelung veranlassen, ohne hierbei die geringste Veränderung zu erleiden. Besonders heftig wirken Kohle, Braunstein, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium und Osmium in Gestalt von Pulver oder Feile; weniger heftige Gasentwickelung veranlassen Quecksilber, Blei, Kupfer, Nickel, Kobalt, Kadmium, Kalihydrat, Bittererdehydrat, Eisenoxyd, Kupferoxyd, Zinkoxyd u. s. w. Bei den Oxyden des Platins, Goldes, Silbers und Quecksilbers kommt noch der merkwürdige Umstand vor, daſs diese, weit entfernt,

1 Poggendorff's Ann. XXXI. 287.
2 Jahresbericht Th. XV. S. 237.

aus dem Wasserstoffhyperoxyd Sauerstoff aufzunehmen, nicht bloſs diesen entwickeln, sondern zugleich ihren eigenen, und zu Metallen reducirt werden. Diese Reduction sieht Thénard als eine Folge der mit der Zersetzung des Hyperoxyds verknüpften Wärmeentwickelung an, Liebig aber erklärt sie daraus, daſs ein in Zersetzung begriffener Körper einen andern mit herein ziehn kann, also das sich zersetzende Wasserstoffhyperoxyd das Metalloxyd veranlaſst, ebenfalls seinen Sauerstoff zu entwickeln. Ueber die Ursache der Zersetzung des Wasserstoffhyperoxyds durch Stoffe, die dabei nichts von dessen Bestandtheilen aufnehmen, giebt es drei Ansichten. Thénard vermuthet, sie beruhe auf elektrischen Verhältnissen dieser Körper, wofür zu sprechen scheint, daſs die elektronegativeren Metalle sich besonders wirksam zeigen. Aber das Hyperoxyd wird auch durch Berührung mit Alkalien zersetzt, und umgekehrt durch seine Verbindung mit Säuren beständiger gemacht, als es für sich ist. Nach Berzelius wirkt hierbei die katalytische Kraft. Das Wahrscheinlichste möchte seyn, mit Liebig die Eigenschaft pulveriger und eckiger Körper, die Entwickelung eines absorbirten Gases zu beschleunigen[1], als Ursache anzunehmen. Das Wasserstoffhyperoxyd entwickelt schon für sich das Sauerstoffgas, nur langsam; jene Pulver, die eine groſse Oberfläche und Ecken darbieten, beschleunigen diese Entwickelung; mit ihr ist Erhitzung verbunden und diese beschleunigt wieder die Entwickelung; so steigert sich diese im Cirkel bis zu einer schwachen Explosion.

Man könnte ferner zu den Contactwirkungen die Zersetzung in hydrothionsaures Gas (SH) und zurückbleibenden Schwefel (S^4) rechnen, welche hydrothionige Säure (S^5H) in Berührung mit mehreren Körpern erleidet. Jedoch hat es Liebig[2] wahrscheinlich gemacht, daſs hierbei gewöhnliche chemische Vorgänge statt finden; daſs z. B. Chlorcalcium, Kalk, Baryt und andere mit groſser Affinität gegen Wasser begabte Körper, wenn sie in pulveriger Gestalt hinzugefügt werden, der öligen hydrothionigen Säure Wasser entziehen, dessen sie zu ihrem Bestehen zu bedürfen scheint, und dadurch ihr Zerfallen in Schwefel und Hydrothionsäure veranlassen. Merk-

---

1 S. Art. *Absorption*. Bd. I. S. 68.

2 Annalen d. Pharm. Th. II. S. 27.

Digitized by Google

würdig bleibt es aber auch hier, daſs stärkere Säuren die Zersetzung hindern und Alkalien sie begünstigen.

Man zählt ferner zu diesen Contactwirkungen die Umwandlung des Stärkmehls in Zucker durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Diastas, die des Weingeists in Aether und Wasser durch Vitriolöl, die des in Wasser gelösten Zuckers in Weingeist und Kohlensäure durch Ferment, welches jedoch hierbei ebenfalls verändert wird und seine Wirksamkeit für frische Zuckermengen verliert, und die des in Wasser gelösten Harnstoffes in kohlensaures Ammoniak durch Thierschleim und andere thierische Stoffe. Der Vorgang bei diesen Umwandlungen, so vielfach sie auch untersucht sind, liegt noch nicht so klar vor Augen, daſs man dadurch zur Annahme einer solchen Contactwirkung oder katalytischen Kraft, welche ohnehin nur das Factum benennt, ohne es zu erklären, bewogen werden könnte.

f) Einige der oben erwähnten Zersetzungen, namentlich die Weingährung, erklärt Liebig[1] durch eine Zersetzungsmittheilung. Das im Zersetzungsacte begriffene Ferment zieht den Zucker in die Zersetzung hinein, der dann in Weingeist und Kohlensäure zerfällt. Ebenso erklärt er das Zerfallen des Harnstoffes in Ammoniak und Kohlensäure durch Thierschleim, des Asparagins durch Hefe in asparagsaures Ammoniak, des Amygdalins durch Hefe und Zucker in Blausäure und andere Zersetzungsproducte, und einige andere Zersetzungen. So wie daher ein im Verbindungsacte begriffener Körper einen andern veranlaſst, ebenfalls eine Verbindung einzugehn (III. 1. I), so veranlaſst auch ein in der Zersetzung begriffener Körper durch eine Art von Ansteckung die Zersetzung eines andern. Wie und warum? bleibt freilich unerklärt.

g) Auch die *Lebenskraft* der Pflanzen und Thiere äuſsert auf die chemischen Verbindungen einen zersetzenden Einfluſs. Am merkwürdigsten ist die unter Einwirkung des Lichts in den grünen Pflanzentheilen erfolgende Zersetzung der Kohlensäure in sich entwickelndes Sauerstoffgas und in Kohlenstoff, der sich mit gewissen Mengen von Wasserstoff und Sauer-

1 Ann. der Pharm. Th. XXX. S. 250.

Digitized by Google

stoff des Pflanzensaftes zu mannigfachen organischen Verbindungen vereinigt.

Die meisten und wichtigsten Zersetzungen chemischer Verbindungen werden jedoch dadurch hervorgebracht, daſs zu ihnen andere Stoffe treten, deren *überwiegende Affinität* unter Aufhebung der alten Verbindungen neue erzeugt. Soll diese Wirkung erfolgen, so sind dieselben Bedingungen zu erfüllen, wie sie zur Einleitung einer chemischen Verbindung überhaupt (III. 1.) als nöthig angegeben worden sind, namentlich unmittelbare Berührung, Ueberwiegen der für die neuen Verbindungen wirkenden Kräfte über diejenigen, welche die alten zusammenhalten, und meistens auch flüssiger Zustand wenigstens des einen Stoffes, daher auch hier häufig Schmelzung oder Dampfbildung durch höhere Temperatur vorausgehn muſs und *eine Zersetzung auf nassem Wege* und eine auf *trocknem Wege* unterschieden wird. Doch auch hier kommen Ausnahmen vor. So zersetzt der Kalk das salzsaure Ammoniak bei trocknem Zusammenreiben in gewöhnlicher Temperatur und das Kochsalz das schwefelsaure Quecksilberoxyd in einer Hitze, die zur Schmelzung nicht hinreichend ist. Auch zersetzt sich der Borax beim Zusammenreiben mit salpetersaurem Bleioxyd und Silberoxyd, so wie mit schwefelsaurem Zinkoxyd und Kupferoxyd, indem hier durch Freiwerden des Krystallwassers des Boraxes eine feuchte Masse entsteht.

So wie ferner nach Obigem die einfache Bildung von Verbindungen oft eine höhere Temperatur erheischt, als durch welche der flüssige Zustand der zu verbindenden Stoffe bewirkt wird, so ist es auch bei diesen Zersetzungen der Fall. So zersetzt erst in der Glühhitze das Sauerstoffgas das Ammoniakgas in Wasser und Stickgas und die Kohle den Wasserdampf in Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas. Auch hier können bisweilen Licht oder Elektricität die Wärme vertreten. Viele chemische Wirkungen des Lichts beruhn darauf, daſs es neue Verbindungen wägbarer Stoffe einleitet und hierdurch die alten zerstört. So nimmt das Chlor aus dem Wasser den Wasserstoff bloſs im Licht oder auch in der Glühhitze auf, mehrere in Säuren gelöste Metalloxyde treten an den Wasserstoff und Kohlenstoff des Weingeistes und anderer organischer Stoffe ihren Sauerstoff vorzüglich nur beim Ein-

Digitized by Google

wirken von Licht oder einer höheren Temperatur ab und werden theilweise oder ganz reducirt; Zeuge, mit organischen Farbstoffen gefärbt, verschieſsen an der Luft sowohl im Lichte als auch bei einer bis zu 200° gesteigerten Temperatur.

Von den so höchst mannigfaltigen Zersetzungsweisen, die durch gröſsere Affinitäten zu der Verbindung hinzutretender Stoffe bewirkt werden, sollen hier nur einige der wichtigern betrachtet werden[1].

1) Die Verbindung AB zersetzt sich beim Hinzutreten von C in die Verbindung AC und in frei werdendes B. Dieser Sch.
Fall wird die einfache *Wahlverwandtschaft* (*Attractio electiva simplex*) genannt. 1.
Als Beispiele mögen zuerst einige dienen, in welchen die Wärme einen der drei auf einander wirkenden Stoffe abgiebt. AB sey Wasser (d. h. Wärme und Eis), C sey gefrornes Quecksilber; es entsteht flüssiges Quecksilber und Eis. AB sey Goldoxyd (d. h. Sauerstoff + Gold), C Wärme als Glühhitze einwirkend; es entsteht Sauerstoffgas (Sauerstoff + Wärme) und metallisches Gold. Ebenso zerfällt der kohlensaure Kalk durch Glühhitze in Kalk und kohlensaures Gas und ölerzeugendes Gas in Kohle und in Wasserstoffgas, welches für sich eine gröſsere Ausdehnung hat, als in der Verbindung mit Kohlenstoff. AB sey salzsaures Gas (Salzsäure + Wärme), C sey Wasser; das Wasser bildet mit der Salzsäure wässerige Salzsäure unter Entbindung der Wärme.

Fälle, in welchen alle drei Stoffe wägbar sind, sind folgende. Zinkoxyd wird durch glühende Kohle in Kohlenoxydgas und Zink, Kupferoxyd wird dadurch in kohlensaures Gas und Kupfer zersetzt. Aus glühendem Kali (OK) treibt Chlorgas Sauerstoffgas aus, Chlorkalium erzeugend. Zinnober (HgS), mit Eisen geglüht, giebt Schwefeleisen und Quecksilber. Aus kohlensaurem Kalk entwickelt Salzsäure, unter Bildung von salzsaurem Kalk, kohlensaures Gas. Salzsaures Ammoniak erzeugt mit Kalk salzsauren Kalk unter Freiwerden des Ammoniaks. Aus wässerigem salpetersaurem Silberoxyd fällt Kali Silberoxyd unter Bildung von salpetersaurem Kali. Eine Auflösung

1 Auf der hierzu gehörigen Tafel bezeichnen die punctirten Linien die aufgehobenen, die ausgezogenen die neu erzeugten Verbindungen.

Digitized by Google

von Harz in Weingeist zerfällt durch Wasser in verdünnten Weingeist und niederfallendes Harz. Umgekehrt wird in Wasser gelöstes Glaubersalz durch Weingeistzusatz fast ganz gefällt. Die Verbindung des Weingeistes mit überschüssigem Wasser hat nämlich kaum noch Affinität zum Harz und die des Wassers mit überschüssigem Weingeist kaum noch zu Glaubersalz.

Bisweilen entzieht C der Verbindung AB nur einen Theil von A, so daſs sich eine Verbindung von B mit weniger A ausscheidet. So verwandelt glühendes Zink das kohlensaure Gas unter Entziehung der Hälfte seines Sauerstoffes in Koh-
Sch. 2. lenoxydgas. Das erzeugte AC kann sich dann noch mit dem AB, welches einen Theil seines A verloren hat, vereinigen. So bildet Zink mit wässeriger schwefliger Säure unterschwef-
Sch. 3. ligsaures Zinkoxyd. Oder C entzieht der Verbindung AB alles A nebst einem Theile von B und scheidet nur einen Theil von B aus. So bildet Schwefelsäure, mit Manganhyperoxyd (MnO^2) erhitzt, schwefelsaures Manganoxydul ($SO^3 + MnO$) und treibt nur die Hälfte des Sauerstoffs als Gas aus.

Sch. 4. Die Zersetzung von AB durch C in AC und B erfolgt bisweilen bei Gegenwart einer vierten Materie D, welche zuerst mit AB verbunden ist und sich dann mit AC vereinigt. Wasser (AB), mit Schwefelsäure (D) gemischt, liefert mit Zink
Sch. 5. (C) schwefelsaures Zinkoxyd und Wasserstoffgas. Dieselbe Bewandtniſs hat es mit allen Wasserstoffentwickelungen, die beim Auflösen eines Metalls in einer wässerigen Säure oder einem Alkali erfolgen. Auch gehören hierher alle Fällungen der Metalle aus den Auflösungen ihrer Oxyde in Säuren oder Alkalien durch andere Metalle; an die Stelle des Wasserstoffs vom vorigen Falle tritt hier ein Metall. So liefert schwefel-
Sch. 6. saures Kupferoxyd mit Zink schwefelsaures Zinkoxyd und Kupfer; ebenso salpetersaures Silberoxyd mit Kupfer salpetersaures Kupferoxyd und Silber u. s. w.

Bisweilen wird nur ein Theil der Verbindung AB zersetzt und der andere Theil, der die Stelle der Materie D
Sch. 7. vertritt, vereinigt sich mit dem gebildeten AC. Kalium, in kohlensaurem Gase erhitzt, scheidet Kohle aus und bildet Kaliumoxyd, welches die unzersetzt gebliebene Kohlensäure
Sch. 8. aufnimmt. Chlor vereinigt sich unter Stickgasentwickelung

Digitized by Google

mit dem Wasserstoff eines Theils des Ammoniaks zu Salzsäure, welche sich dann mit dem übrigen Ammoniak zu Salmiak verbindet. Sch. 9.

Dasselbe kommt zuweilen mit der Abänderung vor, daſs C dem zersetzt werdenden Theile von AB nur einen Theil von A entzieht. Quecksilber, mit Schwefelsäure erhitzt, liefert schwefelsaures Quecksilberoxyd und schweflige Säure. Silber Sch. 10.
liefert mit Salpetersäure salpetersaures Silberoxyd und Stickoxydgas. Sch. 11.

2) Die Verbindung AB zersetzt sich mit C in zwei neue Verbindungen, AC und BC. Beim Glühen des Quecksilber- Sch. 12.
oxyds entsteht Quecksilberdampf (Quecksilber + Wärme) und Sauerstoffgas (Sauerstoff + Wärme). Schwefelkohlenstoff, in Sauerstoffgas verbrannt, bildet schweflige Säure (SO^2) und Kohlensäure (CO^2). Die meisten Schwefelmetalle zersetzen sich mit Chlor in Chlorschwefel und in Chlormetall.

Dieselbe Zersetzung erfolgt oft bei Gegenwart einer vierten Materie D, mit der sich dann die eine der zwei neuen Verbindungen AC und BC oder auch beide, jede für sich, vereinigen. Wasser zersetzt sich mit Phosphor in phosphorsaures Kali und in Phosphorwasserstoffgas. Wasser liefert mit Sch. 13.
Chlor (Brom oder Iod) und Kali chlorsaures Kali und salzsaures Kali. Bisweilen ist die vierte Materie D vor der Zer- Sch. 14.
setzung mit AB vereinigt und wird bei der Zersetzung in Freiheit gesetzt. In Wasser gelöstes schwefelsaures Ammoniak wird durch Chlor in Salzsäure, Chlorstickstoff und freie Schwefelsäure zersetzt. Hier ist der Wasserstoff des Ammo- Sch. 15.
niaks A, der Stickstoff desselben B, Chlor C, Schwefelsäure D.

Bisweilen tritt die mit AB verbunden gewesene Materie D mit AC zusammen. Quecksilber bildet in salpetersaurem Silberoxyd salpetersaures Quecksilberoxydul und Silberamalgam (*Dianenbaum*). Sch. 16.

Oder es bleibt ein Theil AB unzersetzt, mit welchem sich AC verbindet: Kaliumoxyd, mit überschüssigem Schwefel erhitzt, liefert schwefelsaures Kali und Fünffach-Schwefelkalium. Sch. 17.

3) Zu der Verbindung AB tritt die Verbindung CD und es bilden sich zwei neue Verbindungen AC und BD. Dieser sehr häufige und wichtige Fall heiſst die *Zer-* Sch. 18.

setzung durch doppelte Affinität, doppelte Wahlverwandtschaft (*Atractio electiva duplex*). Beispiele: 1 Atom Fünffach-Chlorphosphor zerfällt mit 5 Atomen Wasser in Salz-
Sch. 19. säure und Phosphorsäure. Hydrothionsäure zersetzt sich mit Bleioxyd (und vielen andern Metalloxyden) in Schwefelmetall
Sch. 20. und Wasser. Die übrigen Wasserstoffsäuren zeigen dasselbe Verhalten; z. B. Salzsäure und Silberoxyd wird zu Chlorsilber
Sch. 21. und Wasser. Ein Gemenge von 1 Atom grauem Schwefelantimon und 3 Atomen Quecksilbersublimat (Chlorquecksilber) liefert beim Erhitzen zuerst ein Destillat von Dreifach-Chlorantimon, dann ein Sublimat von Zinnober (Schwefelqueck-
Sch. 22. silber).

Vorzüglich häufig kommt die Zersetzung durch doppelte Affinität bei Salzen vor. Zwei Salze, welche sowohl verschiedene Basen als Säuren enthalten, tauschen oft ihre Bestandtheile aus, so daſs sich die Säure des ersten Salzes mit der Basis des zweiten und die Basis des ersten Salzes mit der Säure des zweiten vereinigt. Diese Zersetzung wird seltener beim Zusammenschmelzen der Salze wahrgenommen, weil, wenn hier auch ein solcher Austausch erfolgen sollte, doch die beiden neugebildeten Salze häufig zu einer gemeinschaftlichen Masse zusammenschmelzen, dagegen vorzüglich beim Zusammenbringen der in Wasser oder einer andern geeigneten Flüssigkeit gelösten Salze. Sind dann die neugebildeten Salze ebenfalls löslich, so erkennt man die Zersetzung aus der Beschaffenheit der Krystalle, die man beim Verdunsten oder Erkälten erhält; häufig jedoch ist das eine der neuerzeugten Salze wenig oder gar nicht in dem angewandten Menstruum löslich, fällt daher nieder und giebt hierdurch die erfolgte Zersetzung zu erkennen. Mischt man wässerige Lösungen von kohlensaurem Kali und schwefelsauren Natron, dampft ab und erkältet, so erhält man zuerst Krystalle von schwe-
Sch. 23. felsaurem Kali, dann von kohlensaurem Natron. Salzsaurer Baryt und schwefelsaures Kali, in wässeriger Lösung gemischt, geben schwefelsauren Baryt, der augenblicklich als unlösliches weiſses Pulver niederfällt, und salzsaures Kali, welches gelöst
Sch. 24. bleibt. Ebenso zersetzen sich wässerige Lösungen von kohlensaurem Natron und salpetersaurem Kalk in niederfallenden kohlensauren Kalk und gelöst bleibendes salpetersaures Natron u. s. w.

Digitized by Google

Mit dieser Zersetzung der Salze durch doppelte Affinität hängt das *Neutralitätsgesetz* von Richter zusammen, welches hier kurz betrachtet werden soll. Richter überzeugte sich, daſs, wenn sich zwei Salze wechselseitig zersetzen, welche beide für Pflanzenfarben neutral sind, die beiden neu entstehenden Salze es ebenfalls sind. Er folgerte hieraus mit Recht, daſs, wenn die Säure des ersten Salzes, durch Aufnahme einer bestimmten Menge Basis aus dem zweiten, aus diesem eine bestimmte Menge Säure disponibel mache, diese gerade hinreiche, um mit der disponibeln Basis des ersten Salzes ebenfalls eine neutrale Verbindung einzugehn. Dieses wichtigen Grundsatzes bediente er sich bei seinen stöchiometrischen Berechnungen. Er erklärt sich nunmehr einfach aus der oben entwickelten atomistischen Lehre. Gewöhnlich findet neutraler Zustand in den Salzen statt, wenn sie auf 1 Atom Säure 1 Atom Basis enthalten. Sind nun zwei Salze auf diese Art zusammengesetzt und zersetzen sich, so verbindet sich gerade 1 Atom Säure des ersten Salzes mit 1 Atom Basis des zweiten, und so kommt auch gerade 1 Atom Säure des zweiten Salzes auf 1 Atom Basis des ersten; somit entstehn wieder zwei neutrale Verbindungen. In Fällen jedoch, wo das neugebildete unlösliche Salz nach einem andern atomistischen Verhältnisse zusammengesetzt ist, als das frühere Salz, treten Ausnahmen vom Neutralitätsgesetz ein. Das sogenannte neutrale phosphorsaure Natron enthält z. B. auf 1 Atom gewöhnliche Phosphorsäure 2 Atome Natron; wird es mit salpetersaurem Siberoxyd versetzt, so entsteht ein Niederschlag, welcher auf 1 Atom Phosphorsäure 3 Atome Silberoxyd enthält; diese waren mit 3 Atomen Salpetersäure verbunden, und diese Säure tritt nun an die 2 Atome Natron; da aber 2 Atome Natron nur zwei Atome Salpetersäure zur Neutralisation nöthig haben, so ist die Flüssigkeit sauer. Sch. 25.

Zu Zersetzungen durch doppelte Affinität, bei welchen noch ein fünfter Stoff E im Spiel ist, gehören folgende Fälle. Die Verbindung A B ist mit E verbunden, und dieses verbindet sich dann mit der neuen Verbindung A C. Schwefelsaures Quecksilberoxyd zersetzt sich beim Erhitzen mit Kochsalz (Chlornatrium) in schwefelsaures Natriumoxyd und in Chlorquecksilber. Hier ist Schwefelsäure E, Quecksilberoxyd A B Sch. 26.
und Chlornatrium C D. Ebenso zersetzt sich schwefelsaures

Baryumoxyd beim Schmelzen mit Chlorcalcium in schwefel-
Sch. 27. saures Calciumoxyd und in Chlorbaryum. Ebenso Vitriolöl
(Schwefelsäure + Wasser) mit Chlornatrium in schwefelsaures
Sch. 28. Natriumoxyd und in salzsaures Gas. Bei der Zersetzung des
Kochsalzes durch Glühen mit Kieselerde unter Hinzutreten
von Wasserdampf kommt der Unterschied vor, daſs E (die
Kieselerde) nicht mit AB (dem Wasser) verbunden ist, son-
dern für sich wirkt und sich dann mit AC (dem Natron)
Sch. 29. vereinigt.

Es bleibt in einigen Fällen bei der Zersetzung durch doppelte Affinität ein Theil der Verbindung AB und ein Theil der Verbindung CD unzersetzt und ersterer verbindet sich mit der neuen Verbinduug BD, letzterer mit der neuen Verbindung AC. Ueberschüssiges kohlensaures Kali (da die Kohlensäure entweicht, so kann sie übersehn werden), mit Dreifachschwefelantimon geschmolzen, liefert eine Verbindung von 2 Atomen Antimonoxyd mit 1 Kali und von 6 Atomen Ein-
Sch. 30. fachschwefelkalium mit 3 Atomen Dreifachschwefelantimon.

4) Beim Zusammentreffen von AB und CD bildet sich
nur die Verbindung AC, während sich sowohl B als D unverbun-
Sch. 31. den ausscheiden. Kohlensaures Kali, in wässerigem Zustande mit
salzsaurer Alaunerde, salzsaurem Eisenoxyd oder salzsaurem Antimonoxyd zusammengebracht, bildet salzsaures Kali unter Entwikkelung der Kohlensäure und Fällung der Alaunerde oder des Eisen- oder Antimonoxyds, weil diese Basen keiner Verbindung mit
Sch. 32. Kohlensäure fähig sind. Salpetersäure zerfällt mit Salzsäure
Sch. 33. in Wasser, Untersalpetersäure und Chlor. Es können hierbei
zuvor die Verbindungen AB und CD mit einander vereinigt seyn und erst in der Hitze auf genannte Weise zerfallen. Schwefelsaures Ammoniak, durch eine glühende Röhre gelei-
Sch. 34. tet, liefert Wasser, Stickgas und Schwefel. Es kann ferner
der Stoff B der Verbindung AB und der Stoff D der Verbindung CD dieselbe Materie seyn. Schweflige Säure zersetzt sich mit Hydrothionsäure in Wasser und Schwefel, der so-
Sch. 35. wohl in der ersten als in der letzten Verbindung enthalten ist.
Sch. 36. Ebenso zerfällt Hydriodsäure mit Iodsäure in Wasser und Iod.
Das in Wasser gelöste salpetrigsaure Ammoniak zerfällt bei
Sch. 37. gelindem Erwärmen in Wasser und Stickgas.

Hierher gehörige Fälle, bei welchen noch eine fünfte Materie E mitwirkt, welche identisch ist mit AB, aber un-

Digitized by Google

zersetzt bleibt und als eine besondere Materie zu betrachten ist, die sich bald mit AC, bald mit D vereinigt, sind folgende. Salzsäure liefert mit Manganhyperoxyd Wasser, Chlor und Manganoxydul, welches letztere sich mit dem unzersetzt gebliebenen Theile der Salzsäure vereinigt. Wasserfreie Sch. 38.
Schwefelsäure liefert mit erwärmtem Chlornatrium Natron, welches sich mit dem unzersetzt gebliebenen Theile der Schwefelsäure verbindet, schwefligsaures Gas und Chlorgas. Sch. 39.

5) Auf die Verbindung AB wirken die beiden Stoffe C und D getrennt ein und bilden die Verbindungen AC und BD. Hierher kann man die Zersetzung des Wassers und an- Sch. 40.
derer Verbindungen durch den elektrischen Strom rechnen, wo C und D die beiden Elektricitäten sind, die von verschiedener Seite in die Verbindung einströmen; die positive Elektricität vereinigt sich mit dem Sauerstoff, die negative mit dem Wasserstoff des Wassers. Zu den hierher gehörigen Fällen, bei welchen bloſs wägbare Stoffe im Spiel sind, gehört die Zersetzung der mit Kohle gemengten und bis zum Glühen erhitzten Kieselerde (so wie vieler andern Metalloxyde) durch Chlorgas in Chlorsilicium und Kohlenoxydgas. Sch. 41.

6) Es sind zwei Verbindungen AB und CD, jede für sich, gegeben, ein Stoff E nimmt A auf und trägt B auf D über, so daſs C in Freiheit gesetzt wird. Chlorsilber, mit Sch. 42.
Kohle geglüht, zerfällt, wenn Wasserdampf darüber geleitet wird, in Kohlenoxyd, Salzsäure und Silber. Derselbe Fall, Sch. 43.
nur daſs zugleich ein anderer Theil von E sich mit BD vereinigt, ist folgender: Chlornatrium zerfällt mit Manganhyperoxyd und Schwefelsäure in schwefelsaures Manganoxydul, in schwefelsaures Natron und in Chlorgas. Sch. 44.

7) Einer Verbindung von AB mit AD entzieht E alles A und scheidet B und D, jedes für sich, ab. Das Eisen liefert Sch. 45.
in der Weiſsglühhitze mit Kalyhydrat oxydirtes Eisen, Kalium und Wasserstoffgas. Die Kohle zersetzt in der Glühhitze das phosphorsaure Bleioxyd in Kohlenoxyd, Phosphor und Blei. Sch. 47.
Es können hierbei auch die abgeschiedenen Stoffe B und D in Verbindung treten. Wasserstoffgas, über glühendes schwe- Sch. 48.
felsaures Kali geleitet, erzeugt Wasser und Schwefelkalium. Sch. 49.
Zinn liefert mit wässeriger Salpetersäure Zinnoxyd und Ammoniak, welches sich aber noch mit einem unzersetzt gebliebenen Theile der Salpetersäure vereinigt. Sch. 50.

Digitized by Google

8) Eine Verbindung ABC zersetzt sich mit einer Verbin-
Sch. dung DEF in die drei Verbindungen AD, BE und CF.
51. Dieser Fall ist *Attractio electiva multiplex* genannt worden.
Man kann hierher die Zersetzung mehrerer schweren Metall-
salze durch wasserstoffsaure Alkalien rechnen. So giebt hy-
drothionsaures Ammoniak mit salpetersaurem Bleioxyd Schwe-
Sch. felblei, Wasser und salpetersaures Ammoniak.

52. Die Ursache aller dieser Zersetzungen bestehender Verbindungen durch hinzutretende Stoffe, welche neue Verbindungen erzeugen, ist, wie schon bemerkt, im Allgemeinen darin zu suchen, daſs die Kräfte, welche auf die Bildung neuer Verbindungen hinwirken, stärker sind, als diejenigen, welche die alten Verbindungen zu erhalten streben. Bei weitem am meisten kommt hierbei die Affinität in Betracht, jedoch auch die Cohäsion übt hierbei einen Einfluſs; dieses möchte auf folgende Weise zu verstehn seyn. Je cohärenter ein Bestandtheil der alten Verbindung, desto gröſseres Bestreben hat er, diese zu verlassen, um sich für sich zu gröſsern Massen mittelst der Cohäsion zu vereinigen, um so eher kann daher schon eine schwächere Affinität die alte Verbindung aufheben. Auf dieselbe Weise wirkt eine gröſsere Cohäsion der neuen Verbindungen; zu ihrer Bildung wirkt dann nicht bloſs die Affinität ihrer Bestandtheile, sondern auch das Bestreben der zusammengesetzten Atome, sich mittelst der Cohäsion zu gröſsern Massen zu verbinden. Je gröſser daher die Cohäsion der abzuscheidenden Stoffe und der neu zu bildenden Verbindungen, desto leichter wird die Zersetzung erfolgen; je gröſser dagegen die Cohäsion des zersetzenden Körpers und der alten Verbindungen, ein desto gröſseres Uebergewicht der Affinitäten ist nöthig, um die Zersetzung zu veranlassen.

Besonders spricht für den Einfluſs der Cohäsion der Verbindungen auf den Erfolg des Affinitätsconflicts ein von Hahnemann entdecktes und von Berthollet weiter ausgeführtes Gesetz, die Zersetzungen der in Wasser gelösten Salze durch doppelte Affinität betreffend. Die Auflöslichkeit eines Salzes in Wasser hängt theils von der Affinität desselben zum Wasser ab, theils von seiner Cohäsion; von zwei Salzen, die eine gleiche Affinität zum Wasser haben, wird sich dasjenige in der geringsten Menge lösen, welches am cohärentesten ist.

Hiernach läſst sich aus der Löslichkeit eines Salzes einigermaſsen auf seine Cohäsion schlieſsen und annehmen, ein Salz sey um so cohärenter, je weniger löslich es ist. Genau ist dieses allerdings nicht, da ohne Zweifel die Affinität der Salze zum Wasser verschieden groſs ist. Hahnemann zeigte (in seiner Vorrede zum zweiten Bande des von ihm übersetzten Laboranten im Groſsen von Demarchy 1784), daſs eine concentrirte Kochsalzlösung mit schwefelsaurem Kali und selbst mit schwefelsaurem Kalk unter dem Gefrierpuncte Krystalle von schwefelsaurem Natron absetzt, und da bei gewöhnlicher Temperatur umgekehrt aus schwefelsaurem Natron und salzsaurem Kali oder Kalk salzsaures Natron und schwefelsaures Kali oder Kalk entsteht, erklärte er die Erscheinung aus der durch die Frostkälte vorzugsweise verringerten Löslichkeit des schwefelsauren Natrons und folgerte, die wechselseitige Zersetzung der Salze beruhe auf den Verhältnissen ihrer verschiedenen Auflöslichkeit.

Diesem gemäſs lautet Berthollet's Gesetz folgendermaſsen: zwei in Wasser gelöste Salze zersetzen sich in dem Fall mit einander durch doppelte Affinität, wenn wenigstens eines der neuen Salze, die hierbei entstehn können, bei der gegebenen Temperatur weniger löslich (also cohärenter) ist, als jedes der beiden ältern Salze. Dieses Gesetz gilt ohne alle Ausnahme; niemals zersetzt sich ein unlösliches Salz mit einem löslichen in zwei lösliche Salze; dagegen bilden zwei lösliche Salze häufig ein minder lösliches und ein unlösliches. Dieses ist der Grund, warum bei den Zersetzungen der Salze durch doppelte Affinität so häufig Fällungen erfolgen. Das kohlensaure Kali und der salzsaure Kalk sind zerflieſsliche, sehr reichlich in Wasser lösliche Salze; das salzsaure Kali ist weniger löslich, der kohlensaure Kalk unlöslich. Daher zersetzt sich das kohlensaure Kali mit dem salzsauren Kalk zu salzsaurem Kali und kohlensaurem Kalk, und wenn die Lösungen der erstern Salze möglichst concentrirt sind, so entsteht durch die Ausscheidung des feinflockigen kohlensauren Kalks und eines Theils des Chlorkaliums eine solche Verdickung, daſs das Gemenge breiartig erscheint, das sogenannte *chemische Wunderwerk*. Sch.
Das schwefelsaure Kali und der salpetersaure Baryt sind zwar 58.
weniger löslich, als das salpetersaure Kali, weil aber der schwefelsaure Baryt unlöslich ist, so bildet schwefelsaures Kali

mit salpetersaurem Baryt salpetersaures Kali und schwefelsauren
Sch. 54. Baryt. Wir haben bei diesen Zersetzungen der Salze durch doppelte Affinität vielleicht anzunehmen, daſs sich die Affinitäten so ziemlich das Gleichgewicht halten, daſs z. B. die Affinität der Schwefelsäure zum Kali + der Affinität der Salpetersäure zum Baryt ungefähr gleich ist der der Salpetersäure zum Kali + der der Schwefelsäure zum Baryt, und daſs deshalb die gröſsere Cohäsion des schwefelsauren Baryts den Ausschlag geben kann. Eine andere Erklärung, bei welcher die Schwerlöslichkeit nicht Ursache, sondern Wirkung dieser Zersetzung wäre, besteht in Folgendem. Je inniger die Verbindung zwischen einer Säure und Basis, je mehr das Vereinigungsbestreben der beiden Körper durch die Vereinigung befriedigt ist, desto geringere Affinität zeigt die neue Verbindung unter übrigens gleichen Umständen gegen andere Stoffe, namentlich gegen das Wasser, desto weniger ist sie löslich; wobei jedoch zu beachten, daſs die Löslichkeit, je nach der Natur der Säure und Basis, in sehr verschiedenem Grade abnimmt. Bei der Zersetzung durch doppelte Affinität entstehn daher immer diejenigen Verbindungen, für welche die stärksten Affinitäten wirken, und eben deshalb sind diese Verbindungen vergleichungsweise die am wenigsten löslichen.

Bei weitem den gröſsten Einfluſs bei den Zersetzungen hat jedoch, wie bemerkt, die Affinität, und wenn man von den eben dargelegten Fällen absieht, in welchen bei ungefähr gleichen Affinitäten die Cohäsion den Ausschlag zu geben scheint, so läſst sich der Satz aufstellen, daſs jedesmal Zersetzung erfolgt, wenn die *trennenden Affinitäten* (*Affinitates divellentes*), d. h. die auf Bildung neuer Verbindungen hinwirkenden, zusammen mehr betragen, als die *ruhenden Affinitäten* (*Affinitates quiescentes*), d. h. diejenigen, durch welche die alten Verbindungen zusammengehalten werden. Es entscheidet hierbei nicht eine einzelne gröſsere Affinität, sondern die Summe aller Affinitäten, welche zu gleicher Zeit befriedigt werden können; es kann daher eine gröſsere Affinität durch mehrere kleinere, die zugleich realisirt werden können, überwunden werden. Man vermag z. B. nicht, der Kieselerde durch heftiges Glühen mit Kohle den Sauerstoff zu entziehn und das Silicium abzuscheiden, und folgert hieraus, daſs die Affinität des Sauerstoffs zum Silicium gröſser ist, als

zum Kohlenstoff. Ebenso wenig erhält man durch Glühen der Kieselerde in Chlorgas, unter Ausscheidung des Sauerstoffs, Chlorsilicium, und man folgert hieraus, daſs dieses Silicium eine gröſsere Affinität zum Sauerstoff besitze, als zum Chlor. Leitet man aber über ein glühendes Gemenge von Kieselerde und Kohle Chlorgas, wirkt also die Affinität des Kohlenstoffs zum Sch. 41.
Sauerstoff und die des Chlors zum Silicium der Kieselerde gleichzeitig ein, so entsteht Kohlenoxyd und Chlorsilicium, und es wird also durch die beiden schwächeren Affinitäten des Kohlenstoffs zum Sauerstoff und des Chlors zum Silicium die stärkere Affinität des Siliciums zum Sauerstoff aufgehoben.

Hieraus erklärt sich auch der Fall, welcher die Zersetzung durch *prädisponirende Affinität* (*Affinitas praedisponens*) genannt wird. Es kann die Affinität zwischen A und B gröſser seyn, als die zwischen A und C, und dennoch wird die Verbindung A B durch C in dem Falle zersetzt, daſs noch eine Materie D vorhanden ist, welche eine gröſsere Affinität gegen die zu bildende Verbindung A C besitzt und dadurch deren Bildung prädisponirt. Die Verbindung A B sey z. B. Kohlensäure, C sey Phosphor, D Natron. Der Phosphor ist bei keiner Temperatur im Stande, der Kohlensäure allen Sauerstoff zu entziehn und den Kohlenstoff auszuscheiden, im Gegentheile zersetzt sich Phosphorsäure beim Glühen mit Kohle in Kohlenoxyd und Phosphor. Durch die Gegenwart von Natron, welches zwar auch Affinität gegen Kohlensäure hat, aber viel gröſsere gegen Phosphorsäure, ändern sich die Umstände. Leitet man über in einer Röhre glühendes, kohlensaures Natron Phosphordampf, so entsteht unter Feuerentwickelung ein schwarzes Gemenge von phosphorsaurem Natron und Kohle. Nimmt man beispielsweise an, die Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoff betrage 10, die des Phosphors zum Sauerstoff 9, die der Kohlensäure zum Natron 1 und die der Phosphorsäure zum Natron 3, so beträgt die Summe der ruhenden Affinitäten $10+1=11$, die der trennenden $9+3=12$, und es muſs daher die Zersetzung vor sich gehn. Es ist hier die prädisponirende Affinität des Natrons Sch.
zur Phosphorsäure, welche die Bildung derselben veranlaſst. 55.
Man hat zwar diese Lehre von der prädisponirenden Affinität für unangemessen erklärt, sofern die Affinität des Stoffes D

(des Natrons) zu einer Verbindung AC (der Phosphorsäure), da sie noch gar nicht existire, auch nicht in Rechnung kommen könne. Allein bei der innigen Berührung der Stoffe müssen alle in ihnen und ihren möglichen Verbindungen wohnenden Kräfte zugleich thätig seyn. Es wäre auch unmöglich, von dieser Zersetzung der Kohlensäure durch Phosphor und von einigen andern eine genügende Erklärung zu geben, wenn man diese prädisponirende Affinität nicht dabei berücksichtigen wollte. Bei der Gesetzmäſsigkeit, die in der Natur herrscht, läſst sich mit Sicherheit behaupten, und die Erfahrung bestätigt es, daſs *unter gleichen Umständen* immer dieselben Zersetzungen eintreten und daſs nicht z. B. das eine Mal AB durch C in AC und B zersetzt wird, das andere Mal aber AC durch B in AB und C. Bei veränderten Umständen jedoch treten häufig solche entgegengesetzte Erfolge des Affinitätenconflicts ein, die sogenannten *wechselseitigen Wahlverwandtschaften* (*Affinitates reciprocae*). Besondern Einfluſs hat hierauf die relative Menge der auf einander wirkenden Stoffe, die Gegenwart anderer Stoffe und die verschiedene Temperatur.

Was die *relative Menge* betrifft, so kann ein Ueberschuſs eines der auf einander wirkenden Stoffe theils durch Adhäsion, theils durch Affinität einen entgegengesetzten Erfolg herbeiführen. Auf reciproke Affinität durch Einfluſs der Adhäsion ist folgender Fall zu beziehen. Leitet man über mit Sauerstoff zu Oxyd oder Oxyd-Oxydul verbundenes Eisen, welches in einer Röhre bis zum Glühen erhitzt ist, Wasserstoffgas, so wird es zu metallischem Eisen reducirt und es entweicht ein Gemenge von Wasserdampf und unverbundenem Wasserstoffgas aus dem andern Ende der Röhre. Leitet man dann über dieses metallische Eisen Wasserdampf, so wird es wieder in Eisenoxydoxydul verwandelt, und es entweicht ein Gemenge von Wasserstoffgas und unzersetztem Wasserdampf. Gay-Lussac hat gezeigt, daſs keineswegs eine verschieden hohe Temperatur diesen entgegengesetzten Erfolg bedingt, wie man es früher zum Theil annahm, sondern daſs bei jedem Grade der Glühhitze bald dieser, bald jener Erfolg eintreten kann. Derselbe hängt bloſs von der relativen Menge ab und ist aus der Adhäsion zwischen Wasserstoffgas und Wasserdampf zu erklären. Wahrscheinlich ist die Affinität des Eisens

und die des Wasserstoffs zum Sauerstoff gleich groſs, so daſs diese vergleichungsweise schwache Kraft der Adhäsion den Ausschlag geben kann. Waltet, wie im ersten Falle, das Wasserstoffgas vor, so veranlaſst die Adhäsion desselben zum Wasserdampf die Bildung von Wasser und damit die Reduction des Eisens; waltet aber, wie im letzten Falle, der Wasserdampf vor, so veranlaſst seine Adhäsion zum Wasserstoffgase, daſs das Eisen einen Theil des Wassers zersetzt, sich oxydirt und Wasserstoffgas in Freiheit setzt. In beiden Fällen entsteht daher ein Gemenge von Wasserstoffgas und Wasserdampf. Hiermit hängt die Erfahrung zusammen, daſs kohlensaurer Kalk, in einem lose verschlossenen Gefäſse schwach geglüht, kein kohlensaures Gas entwickelt, auſser wenn ein Strom von Luft, Wasserdampf oder einer andern elastischen Flüssigkeit hinzugeleitet wird. Hier ist es wieder die Adhäsion dieser schon bestehenden Gase zum kohlensauren Gase, was seine Entwickelung begünstigt und bewirkt, daſs die Affinität der Wärme zur Kohlensäure das Uebergewicht über die des Kalks zur Kohlensäure erhält; nur sind es hier fremdartige Stoffe, deren Adhäsion den Ausschlag giebt.

Zu den Fällen, wo die im Ueberschuſs vorhandene Materie durch ihre Affinität den Erfolg abändert, gehören folgende. Fügt man zu der wässerigen Lösung von einfach-schwefelsaurem Ammoniak, Kali oder Natron Salpetersäure im Verhältniſs von 2 Atomen schwefelsaures Salz auf 1 Atom Salpetersäure, so verschwindet der Geruch dieser Säure und bei freiwilligem Verdunsten krystallisirt salpetersaures Ammoniak, Kali oder Natron, während die Mutterlauge doppelt-schwefelsaures Alkali enthält. Fügt man umgekehrt zu einem der genannten, in Wasser gelösten, salpetersauren Salze Schwefelsäure im Verhältniſs von 2 Atomen Schwefelsäure auf 1 Atom Salz und läſst das Gemisch verdunsten, so entweicht sämmtliche Salpetersäure und es bleibt doppelt - schwefelsaures Alkali. Halb so viel Schwefelsäure (1 Atom) würde bloſs die Hälfte des Alkali's entziehn und also nur die Hälfte der Salpetersäure austreiben, wofern nicht sehr hohe Temperatur einwirkt. Wenn also die Salpetersäure auf eine Verbindung von Schwefelsäure mit Alkali wirkt, die keinen Ueberschuſs von Schwefelsäure hält, so entzieht sie derselben Alkali und bildet salpetersaures Salz; umgekehrt wird dieses zersetzt, wenn

Digitized by Google

die Schwefelsäure im Ueberschuſs darauf wirkt. Dieses ist folgendermaſsen zu erklären. Die genannten Alkalien sind nach zwei Verhältnissen mit Schwefelsäure verbindbar, sie bilden mit 1 Atom Schwefelsäure ein einfach-, mit 2 Atomen ein doppelt-schwefelsaures Salz. Mit der Salpetersäure vereinigen sich diese Alkalien bloſs nach gleicher Atomzahl. Es sey die Affinität des Alkali's zur Salpetersäure = 5, die des Alkali's zu 1 Atom Schwefelsäure = 6 und die des dadurch erzeugten einfach-schwefelsauren Alkali's zu 1 Atom Schwefelsäure weiter = 2, so ist einzusehn, wie im ersten Falle 1 Atom Salpetersäure 2 Atomen einfach-schwefelsauren Alkali's 1 Atom Alkali entzieht, wie ferner das hiermit frei gewordene 1 Atom Schwefelsäure an das unzersetzt gebliebene einfach-schwefelsaure Alkali tritt und es in doppelt-schwefelsaures verwandelt, denn bliebe das 1 Atom schwefelsaures Kali unzersetzt, so wäre damit eine Affinität = 6 befriedigt. Tritt aber das Alkali an die Salpetersäure und die Schwefelsäure an das unzersetzt bleibende Atom schwefelsaures Kali, so werden die Affinitäten = 5 und = 2, zusammen = 7, befriedigt. Das so gebildete doppelt-schwefelsaure Kali ist, wenn man auch noch so viel Salpetersäure darauf einwirken lassen will, nicht weiter zersetzbar, weil es durch die Affinitäten 6 + 2 = 8 zusammengehalten wird und die Salpetersäure nur mit einer Affi-
Sch. 56. nität = 5 einwirkt. Wirken daher 2 Atome Schwefelsäure auf 1 Atom salpetersaures Alkali, so wird die Affinität der Salpetersäure zum Alkali = 5 durch die der 2 Atome Schwefelsäure zum Alkali = 6 + 2 überwunden und unter Bildung von doppelt-schwefelsaurem Alkali wird alle Salpetersäure
Sch. 57. ausgetrieben. Auf dieselbe Weise verhalten sich die einfach-schwefelsauren Alkalien gegen die Salzsäure und die salzsauren Alkalien gegen die Schwefelsäure.

Zu den Fällen, in welchen die Gegenwart anderer Materien, die vermöge *prädisponirender Affinität* wirken, einen entgegengesetzten Erfolg hervorbringt, möchten folgende zu rechnen seyn. Fügt man wasserhaltige Essigsäure zu kohlensaurem Kali, so bildet sich unter Entwickelung der Kohlensäure eine Auflösung von essigsaurem Kali. Dampft man jedoch dieselbe zur Trockne ab, löst das zurückbleibende essigsaure Kali in Weingeist und leitet durch diese Lösung kohlensaures Gas, so wird, wie Pelouze zeigte, fast alles

Digitized by Google

Kali als kohlensaures niedergeschlagen und die Flüssigkeit hält Essigsäure in Verbindung mit Weingeist. Es scheint somit dem Weingeiste eine bedeutende Affinität zur Essigsäure zugeschrieben werden zu müssen; diese, in Verbindung mit der Affinität der Kohlensäure zum Kali, überwindet die der Essigsäure zum Kali. Allerdings wird diese Thatsache gewöhnlich auf andere Weise, nämlich im Sinne der Berthollet'schen Lehre, erklärt, indem man sagt, daſs sich immer vorzugsweise die unlöslichern, also cohärentern Verbindungen erzeugen, also hier vorzugsweise das in Weingeist unlösliche kohlensaure Kali

Diese Lehre wird da benutzt, wo sie gerade paſst, und in Fällen, die ihr widersprechen, mit Stillschweigen übergangen. So kann man hier fragen: Warum schlägt die Kohlensäure nicht auch aus in Wasser gelöstem essigsaurem Kalk kohlensauren Kalk nieder, da doch der kohlensaure Kalk unlöslicher im Wasser ist, als das kohlensaure Kali im Weingeist? Dieser Fall zeigt zugleich, daſs schwere Löslichkeit und groſse Cohäsion zweierlei ist, sonst wäre das kohlensaure Kali zu gleicher Zeit ein sehr cohärentes Salz (in Bezug zum Weingeist) und ein sehr wenig cohärentes (in Bezug zum Wasser).

Eine Auflösung von Chlornatrium und schwefelsaurer Bittererde in Wasser läſst, bei gelinder Wärme verdunstet, Krystalle dieser beiden unveränderten Salze zurück. Wird aber dieser Rückstand gepulvert mit Weingeist gekocht, so nimmt dieser nach Grotthuss Chlormagnium auf und der Rückstand muſs hiernach schwefelsaures Natron enthalten. Der Wein- Sch.
geist löst das Chlornatrium und die schwefelsaure Bittererde 58.
nur sparsam auf, das Chlormagnium reichlich, und seine prädisponirende Affinität zu diesem scheint seine Bildung zu bewirken. Doch könnte hierbei auch die höhere Temperatur beim Kochen mit Weingeist und die dadurch relativ vermehrte Cohäsion des schwefelsauren Natrons in Betracht kommen (s. u.). Es erklärt sich übrigens aus dieser Thatsache, warum so oft bei Analysen von Mineralwassern, wo man den abgedampften Rückstand mit Weingeist auskochte, Chlormagnium und schwefelsaures Natron gefunden wurden, die ohne Zweifel als Chlornatrium und schwefelsaure Bittererde in dem Wasser vorhanden waren.

Wenn 1 Theil kohlensaures Kali in wenigstens 10 Theilen Wasser gelöst ist und mit Kalk geschüttelt wird, so tritt es an diesen seine Kohlensäure ab und wird ätzend; bei 4 Theilen Wasser dagegen erfolgt nach Liebig[1] keine Zersetzung, im Gegentheil entzieht eine concentrirte wässerige Lösung des ätzenden Kali's dem kohlensauren Kalke die Kohlensäure. Wahrscheinlich ist die Affinität des Kali's zur Kohlensäure gröſser, als die des Kalks. Aber mit Vermehrung des Wassers wächst vielleicht dessen Affinität zum Aetzkali in stärkerem Maſse, als die zum kohlensauren Kali, und bewirkt damit den zuerst angeführten Erfolg.

Eine *verschiedene Temperatur* kann aus zwei Gründen eine reciproke Affinität veranlassen:

1) Häufig kommt bei höhern Hitzgraden die Affinität der Wärme zu demjenigen einfachen oder zusammengesetzten Stoffe, welcher am meisten geneigt ist, mit ihr eine elastische Flüssigkeit zu bilden, mit ins Spiel und entscheidet den Erfolg. Die Wärme wirkt hier gleich einer vierten hinzutretenden Materie.

Der Braunstein tritt bei gewöhnlicher Temperatur oder gelinder Wärme sein zweites Atom Sauerstoff an den Wasserstoff der Salzsäure ab, so daſs Wasser, Chlor und salzsaures
Sch. Manganoxydul entstehen. Wird dagegen Chlor mit Wasser
38. dem Lichte oder der Glühhitze dargeboten, dann entsteht wieder Wasser und Sauerstoffgas. Das eine Mal entzieht also der Sauerstoff der Salzsäure den Wasserstoff und macht Chlor frei, das andere Mal nimmt das Chlor aus dem Wasser den Wasserstoff auf und entwickelt den Sauerstoff. Man kann mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daſs die Affinität des Sauerstoffs zum Wasserstoff gröſser ist, als die des Chlors; hiermit erklärt sich der erste Fall von selbst. Andererseits ist die Affinität der Wärme zum Sauerstoff gröſser, als zum Chlor; denn das Chlorgas läſst sich durch verstärkten Druck tropfbar machen, das Sauerstoffgas nicht. Wenn daher die Wärme in gröſserer Intensität einwirkt, dann bewirkt ihre gröſsere Affinität zum Sauerstoff + der Affinität des Chlors zum Wasserstoff die Zersetzung des Wassers.

Das Kalium zersetzt in der Rothglühhitze das Eisenoxyd-

1 Poggendorff's Ann. XXIV. 366.

Digitized by Google

oxydul zu Kali und metallischem Eisen; in der Weiſsglühhitze wird umgekehrt das Kali durch metallisches Eisen in Eisenoxydoxydul und verdampfendes Kalium zersetzt. Hier ist anzunehmen, die Affinität des Kaliums zum Sauerstoff sey gröſser, als die des Eisens, in der Weiſsglühhitze wirke jedoch zugleich die Affinität der Wärme zum Kalium, womit sie einen Dampf erzeugt, und gebe somit den Ausschlag.

Das Kalium zersetzt in der Rothglühhitze das Kohlenoxyd in Kali und Kohle; in schwacher Weiſsglühhitze liefert die Kohle mit Kali wieder Kohlenoxydgas und Kaliumdampf. Im letzteren Falle wird wieder die schwächere Affinität der Kohle zum Sauerstoff durch die Affinität der Wärme zum Kohlenoxyd und zum Kalium unterstützt.

Ist Kali (oder Natron) mit Phosphorsäure, Boraxsäure, Kieselerde oder Alaunerde verbunden, so scheidet Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur diese Substanzen ab und vereinigt sich vermöge gröſserer Affinität mit dem Kali. Glüht man dagegen schwefelsaures Kali mit einer dieser Substanzen, so bemächtigen sie sich des Kali's, während die Schwefelsäure verdampft. Hier ist es die Affinität der Wärme zu der flüchtigeren Schwefelsäure, mit welcher sie einen Dampf bildet, wodurch jenen mit viel schwächerer Affinität gegen das Kali begabten Substanzen der Sieg verschafft wird.

Fügt man zu in Wasser gelöstem salzsaurem Kalk kohlensaures Ammoniak, so entsteht salzsaures Ammoniak und niederfallender kohlensaurer Kalk. Erhitzt man dagegen salzsaures Ammoniak mit kohlensaurem Kalk über 100°, so verdampft kohlensaures Ammoniak und es bleibt Chlorcalcium. Hier giebt die Affinität der Wärme zu dem flüchtigen kohlensauren Ammoniak den Ausschlag. Ebenso zersetzt sich boraxsaures Ammoniak mit Kochsalz bloſs in der Hitze, wo salzsaures Ammoniak verdampft.

Auch ſolgende Thatsachen würden hierher gehören, woſern sie sich als richtig erwiesen. In Berzelius 'Lehrbuch[1] ſindet sich ſolgende Stelle: „Wenn man in einem starken gläsernen Geſäſse auf Stücke von kohlensaurem Kalk eine etwas verdünnte Säure gieſst und das Geſäſs darauf luftdicht zuschlieſst, so hört die Auflösung nach einer Weile auf und der Kalk wird nicht weiter angegriffen,

1 S. 3te Auflage. Bd. V. S. 9.

man mag ihn noch so lange in der Säure laſsen, aber wenn der Pfropf geöffnet wird, löst er sich in einigen Minuten wieder auf. Daſselbe geschieht, wenn Zink in einem starken und verschloſsenen Gefäſse in einer sehr verdünnten Schwefelsäure gelöst wird.“ Wäre die erstere dieser Angaben, deren Autor nicht genannt ist, richtig, so würde sie beweisen, daſs die Affinität der Kohlensäure zum Kalk gröſser ist, als die der Schwefel-, Salpeter- oder Salzsäure, daſs daher unter verstärktem Drucke die Kohlensäure den schwefel-, salpeter- oder salzsauren Kalk zersetzen und kohlensauren erzeugen würde; daſs dagegen bei gewöhnlichem Drucke die groſse Affinität der Wärme zur Kohlensäure mit ins Spiel kommt und durch Bildung von kohlensaurem Gas die Zersetzung des kohlensauren Kalks durch die genannten Säuren möglich macht. Allein so lange nicht die Natur und Stärke der Säure bestimmt genannt ist, muſs ich nach folgendem Versuche an der Richtigkeit dieser Thatsache zweifeln. Ich füllte eine 5 Zoll lange, sehr dicke und enge Glasröhre zu $\frac{2}{3}$ mit mäſsig starker Salzsäure, schob dicht darüber ein Convolut von Platindraht und füllte dann den übrigen Raum mit Kalkspathstücken, so daſs nur noch Platz zum Zuschmelzen der Röhre blieb. In ein Stück Flintenlauf eingeschloſsen wurde die Röhre bei 20° bis 30° C. in horizontaler Stellung gelaſsen, jedoch täglich einige Male aufrecht gestellt, um die Berührungspuncte zwischen Säure und Kalkspath zu erneuern. Nach 14 Tagen war noch nicht aller Kalkspath gelöst, aber über der Säure zeigte sich eine zwei Linien starke Schicht tropfbar-flüssiger Kohlensäure, durch auſserordentliche Beweglichkeit ausgezeichnet. Als hierauf die Spitze der Röhre abgeschnitten wurde, zersprang der obere Theil derselben mit heftigem Knalle in kleine Stücke und die übrige Flüssigkeit zeigte sich neutral gegen Lackmus. Dieser Versuch beweist, daſs wenigstens Salzsäure von mittlerer Stärke den kohlensauren Kalk auch bei einem Drucke zersetzt, bei welchem die Kohlensäure tropfbar-flüssig wird, und hiernach ist anzunehmen, daſs die Affinität der Salzsäure zum Kalk gröſser ist, als die der Kohlensäure. Die zweite der von Berzelius angeführten Thatsachen würde beweisen, daſs die Affinität des Zinks zum Sauerstoff + der Affinität der Schwefelsäure zum Zinkoxyd geringer ist, als die des Waſserstoffs zum Sauerstoff, daſs daher die Zersetzung unter stär-

Digitized by Google

kerem Drucke nicht erfolgt, wohl aber unter schwächerem, wo noch die Affinität der Wärme zum Wasserstoff hinzutritt. Sch. 5. Aber auch hier entsprechen meine Versuche nicht der Angabe. Als ich auf eben beschriebene Weise ein Gemisch von 1 Theil Vitriolöl und 8 Theilen Wasser mit einem Stücke Zink in eine Röhre einschmolz und dieselbe mehrere Wochen in horizontaler Lage lieſs, unter öfterem Aufrechtstellen, und dann die Spitze abschnitt, entwich das Gas mit mäſsigem Knall, ohne die Röhre zu zersprengen, und die Säure zeigte sich fast ganz mit Zink gesättigt, so daſs sie beim Umstülpen der Röhre durch das sich kaum merklich vom Zink entwickelnde Wasserstoffgas nach einigen Tagen nicht einmal ganz aus der Röhre getrieben wurde. Bei etwas längerem Zusammenlassen und öfterem Bewegen der verschlossenen Röhre würde sich die Säure ohne Zweifel gänzlich gesättigt haben. Als ich auf dieselbe Weise mit Zink und mäſsig concentrirter Salzsäure verfuhr, wurde die sehr starke Röhre nach 4 Stunden mit heftigem Knall zersprengt, weil die Menge des durch diese Säure entwickelten Wasserstoffgases viel mehr betrug, als bei der sehr verdünnten Schwefelsäure.

2) In andern Fällen scheint die verschiedene Temperatur dadurch einen verschiedenen Erfolg zu bewirken, daſs die Cohäsion der Stoffe in der Kälte und Wärme in einem ungleichen Grade zu- und abnimmt, und hier findet vorzüglich das Berthollet'sche Gesetz über die Zersetzung der Salze durch doppelte Affinität seine Anwendung.

Eine Auflösung von Kochsalz und Bittersalz, bei gewöhnlicher Temperatur oder mäſsiger Wärme verdunstend, läſst, wie oben bemerkt, beide Salze unverändert anschieſsen; wird dagegen diese Auflösung einer Kälte von 0° und darunter ausgesetzt, so krystallisirt, wie schon Scheele fand, Krystallwasser haltendes schwefelsaures Natron heraus und die Auflösung hält Chlormagnium (oder salzsaure Bittererde). Ebenso hat H. Rose gezeigt, daſs diese Lösung, über 50° erhitzt, wasserfreies schwefelsaures Natron absetzt. Diese Erscheinungen lassen sich mit Berthollet daraus erklären, daſs die Löſslichkeit des schwefelsauren Natrons in Wasser, also seine Cohäsion, bei verschiedenen Temperaturen so höchst verschieden ist. Nach Gay-Lussac braucht 1 Theil krystallisirtes Glaubersalz zu seiner Auflösung bei 0° C. 8,2 Theile Wasser,

Digitized by Google

bei 18° C. 2,1, bei 25° C. 1,3 bei 32° C. 0,37, bei 33° die kleinste Menge, nämlich nur 0,31, und bei 50, 4° wieder 0,38 Theile Wasser. Unter 0° und über 50° muſs die Löslichkeit noch bedeutend abnehmen. Da nun nach Berthollet's Gesetz beim Zusammentreffen von zwei Salzen sich immer dasjenige Salz erzeugt, was bei der gegebenen Temperatur am wenigsten löslich, also am cohärentesten ist, so scheidet sich sowohl bei groſser Kälte, als bei einer über 50° steigenden Temperatur schwefelsaures Natron ab, weil die Löslichkeit desselben bei diesen Extremen der Temperatur in ungewöhnlichem Grade abnimmt; bei mittleren Temperaturen bleiben dagegen Kochsalz und Bittersalz unzersetzt, weil dann das Glaubersalz leichter löslich ist, als Kochsalz und Bittersalz, deren Löslichkeit und also auch Cohäsion mit dem Temperaturwechsel keine so auffallende Abänderung erleidet. Aus demselben Grunde zersetzt sich in Wasser gelöstes schwefelsaures Natron mit Chlorkalium bei gewöhnlicher Temperatur in krystallisirendes schwefelsaures Kali und in gelöst bleibendes Chlornatrium, während nach Hahnemann und Richter aus der Lösung von schwefelsaurem Kali und Chlornatrium bei — 20° schwefelsaures Natron anschieſst. Bei mittlerer Temperatur ist nämlich das schwefelsaure Kali das unlöslichere, cohärentere Salz, in starker Kälte das schwefelsaure Natron. Nach Hahnemann soll sogar aus einer gesättigten Kochsalzlösung, die mit wässeriger Gypslösung vermischt ist, in starker Kälte Glaubersalz anschieſsen.

Weniger genügend lassen sich folgende Fälle aus einer unverhältniſsmäſsigen Aenderung der Cohäsion durch Temperaturwechsel erklären.

Mischt man eine wässerige Lösung von Chlorbaryum (salzsaurem Baryt) mit der des schwefelsauren Kalks, so fällt sogleich schwefelsaurer Baryt nieder und Chlorcalcium (salzsaurer Kalk) bleibt gelöst. Schmelzt man dagegen schwefelsauren Baryt mit Chlorcalcium zusammen, so bildet sich ein
Sch. 27. Gemenge von schwefelsaurem Kalk und Chlorbaryum, welches letztere sich durch schnelles Auskochen mit Wasser und Filtriren ausziehn läſst, während sich bei längerem Zusammenstehn unter Wasser wieder Alles in schwefelsauren Baryt und Chlorcalcium zersetzt. Der erste Erfolg entspricht dem Berthollet'schen Gesetze, da der schwefelsaure Baryt viel we-

Digitized by Google

niger löslich ist, als der schwefelsaure Kalk; ob aber in der Glühhitze der schwefelsaure Kalk cohärenter ist, als der schwefelsaure Baryt, und daraus der zweite Erfolg zu erklären ist, bleibt zweifelhaft.

Schwefelsaurer Baryt zersetzt sich sowohl beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron als beim Kochen mit dessen wässeriger Lösung in kohlensauren Baryt und schwefelsaures Natron; umgekehrt wird, wie Kölreuter gezeigt hat, kohlensaurer Baryt durch wässeriges schwefelsaures Natron bei gewöhnlicher Temperatur in schwefelsauren Baryt und kohlensaures Natron umgewandelt. Ist in der Hitze die Cohäsion des kohlensauren Baryts gröſser, als die des schwefelsauren, und verhält es sich bei gewöhnlicher Temperatur umgekehrt?

Metallisches Silber entzieht dem in Wasser gelösten schwefelsauren Eisenoxyd ($Fe^2O^3 + 3SO^3$) 1 Atom Sauerstoff, so daſs eine Auflösung von 1 Atom schwefelsauren Silberoxyds ($AgO + SO^3$) und von 2 Atomen schwefelsauren Eisenoxyduls ($2FeO + 2SO^3$) entsteht; in der Kälte fällt Sch. 59.
wieder alles Silber metallisch nieder und die Auflösung hält wieder schwefelsaures Eisenoxyd. Ist die in der Hitze vielleicht bedeutend verminderte und in der Kälte wieder vergröſserte Cohäsion des Silbers die Ursache dieser reciproken Affinität?

In vielen andern Fällen findet nur scheinbar eine reciproke Affinität statt.

Fügt man Ammoniak zu einfach-schwefelsaurer (salzsaurer oder salpetersaurer) Bittererde, so wird es aufgenommen unter Fällung von Bittererde; umgekehrt entwickelt Bittererde Ammoniak aus dem einfach-schwefelsauren (salzsauren oder salpetersauren) Ammoniak und löst sich auf. In beiden Fällen findet jedoch die Zersetzung nur bis zur Hälfte statt, in welchem Ueberschusse man auch Ammoniak oder Bittererde zufügen möge; im ersten Falle bleibt die Hälfte des Bittererdesalzes unzersetzt, und vereinigt sich mit dem gebildeten Ammoniaksalze zu einem Doppelsalze; im letzteren Falle bleibt die Hälfte des Ammoniaksalzes unzersetzt und erzeugt mit dem neu erzeugten Bittererdesalze dasselbe Doppelsalz, welches auf 2 Atome Säure 1 Atom Bittererde und 1 Atom Ammoniak enthält. Sch. 62. u. 63.

Salpetersäure erzeugt mit salzsaurem Ammoniak salpeter-

Digitized by Google

saures Ammoniak unter Entwickelung von Salzsäure; umgekehrt wird salpetersaures Ammoniak durch überschüssige Salzsäure in salzsaures Ammoniak verwandelt. Ohne Zweifel ist die Affinität der Salpetersäure zum Ammoniak gröſser, als die der Salzsäure, und erstere würde nicht durch letztere ausgetrieben werden, wenn nicht der Ueberschuſs der letzteren die Zersetzung in Chlor, Wasser und Untersalpetersäure veranlaſste, welche letztere als schwächer durch die Salzsäure ausgetrieben wird. Es wird hier die Affinität der Salpetersäure zum Ammoniak, der Untersalpetersäure zum Sauerstoff und des Wasserstoffes zum Chlor überwunden durch die Affinität der Salzsäure zum Ammoniak und durch die Affinität des
Sch. 64. Wasserstoffs der Salzsäure zum Sauerstoff der Salpetersäure. Ebenso scheidet Salpetersäure aus wässerigem arsenigsaurem Kali vermöge gröſserer Affinität mit Leichtigkeit die arsenige Säure ab. Dagegen wird salzsaures Kali beim Glühen mit arseniger Säure unter Entwickelung von salpetriger Säure in ar-
Sch. 65. seniksaures Kali verwandelt. Hier ist zu beachten, daſs die Salpetersäure durch Desoxydation in die schwächere salpetrige und die arsenige Säure durch Oxydation in die stärkere Arseniksäure umgewandelt wird. Die Affinität der arsenigen Säure zum Sauerstoff + der Affinität der Arseniksäure zum Kali überwindet die Affinität der salpetrigen Säure zum Sauerstoff und die der Salpetersäure zum Kali.

Auch daraus hat man auf reciproke Affinität schlieſsen wollen, daſs Salze, die sich mit einander durch doppelte Affinität unter Fällung eines schwerlöslichen Salzes zersetzen, wenn sie in wenig Wasser gelöst sind, bei gröſserer Verdünnung keinen Niederschlag geben, wenn auch die vorhandene Wassermenge nicht hinreichend seyn würde, das schwerlösliche Salz, das hier entstehn kann, für sich gelöst zu erhalten. Während z. B. der schwefelsaure Kalk gegen 400 Wasser zur Auflösung nöthig hat, so giebt der etwa in 200 Wasser gelöste salzsaure Kalk keinen Niederschlag mehr mit schwefelsaurem Kali. Hieraus folgern mehrere Chemiker, daſs bei gröſserer Wassermenge der salzsaure Kalk unzersetzt bleibe, da, wenn schwefelsaurer Kalk gebildet wäre, ungefähr die Hälfte desselben niederfallen müſste. Doch ist die Annahme einfacher, daſs auch hier die Bildung des schwefelsauren Kalkes erfolgt, daſs dieser jedoch durch die Vermittelung des

zugleich gebildeten salzsauren Kali's reichlicher in Wasser gelöst wird, als es sonst der Fall seyn würde. So fand auch schon G. Morveau, daſs, wenn man Kalkwasser durch hindurchgeleitetes kohlensaures Gas getrübt hat, beim Zusatz von schwefel- oder salzsaurem Kali Klärung erfolgt, eine ebenfalls wohl von der Affinität dieser Kalisalze gegen den kohlensauren Kalk, wodurch seine Löslichkeit in Wasser vermittelt wird, abzuleitende Erscheinung. Aus diesen Affinitäten der Salze gegen einander und der dadurch vermittelten reichlicheren Löslichkeit im Wasser erklärt sich überhaupt das Vorkommen von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk, kohlensaurer Bittererde u. s. w. in Mineralwassern in gröſserer Menge, als dieses bei reinem Wasser der Fall seyn könnte, und man ist durch diese Erscheinung keineswegs genöthigt, in diesen Wassern die Existenz solcher Salze anzunehmen, die mit einander *unverträglich* sind, d. h. die sich bei derselben Temperatur mit einander zersetzen und eine Fällung bewirken würden, wenn die Wassermenge geringer wäre.

Mehrere andere, zu der Lehre von der reciproken Affinität gehörige Thatsachen, welche noch einer genaueren Prüfung bedürfen, finden sich bei Berthollet[1], Dulong[2], bei dessen Versuchen die verschiedene Temperatur, welche entgegengesetzte Erfolge bewirken konnte, nicht genug beachtet zu seyn scheint, und Grotthuss[3].

2) Umstände und Erfolge der Zersetzung.

a) *Temperaturveränderung.* Da bei der Verbindung der Stoffe in der Regel Wärme frei wird, so muſs bei ihrer Trennung an und für sich eine ebenso groſse Wärmemenge wieder latent werden. Dennoch wird bei den meisten Zersetzungen Temperaturerhöhung, selbst bis zur Feuerentwickelung, wahrgenommen, und es sind hierbei folgende Fälle zu unterscheiden.

1) Das Wasserstoffhyperoxyd entwickelt bei seiner durch Erwärmung oder pulverige Körper eingeleiteten Zersetzung in

1 Stat. chim. T. I. p. 82. 99. 100. 401.
2 Ann. de Chim. T. LXXXII. p. 273.
3 Scherer Nord. Blätter. Th. I. S. 272.

Digitized by Google

Waſſer und Sauerſtoffgas, ungeachtet zur Bildung dieſes Gaſes viel Wärme latent werden muſs, noch viel freie Wärme. Dieſer Fall ſteht bis jetzt einzig da und läſst vermuthen, daſs bei der Bildung dieſer ſehr loſen Verbindung keineswegs Wärme frei, ſondern im Gegentheil latent wird (s. III. 2. A).

2) Wenn ſich Stoffe aus ihrer Löſung in einer tropfbaren Flüſſigkeit in Folge der durch Erkältung erhöhten Cohäſion in feſter Geſtalt ausſcheiden, ſo tritt meiſtens Wärmeentwickelung ein. Dieſes erklärt ſich aus dem Freiwerden der Flüſſigkeitswärme bei dem Uebergange aus dem tropfbaren in den flüſſigen Zuſtand und hängt genau damit zuſammen, daſs jene feſten Körper bei der vorhergegangnen Auflöſung Flüſſigkeitswärme abſorbirten, wie dieſes bereits (III. 2. A) auseinander geſetzt worden iſt.

3) Die meiſten Zerſetzungen erfolgen dadurch, daſs gröſsere Affinitäten kleinere überwinden. Wenn nun auch durch Aufhebung der durch kleinere Affinitäten bewirkten Verbindungen Wärme latent wird, ſo muſs durch die Befriedigung der gröſsern Affinitäten eine noch gröſsere Wärmemenge frei werden und die bei der Zerſetzung eintretende Temperaturerhöhung drückt die Differenz dieſer beiden Wärmemengen aus. Wenn z. B. A bei ſeiner Verbindung mit B eine Wärmemenge = 2 und mit C eine Wärmemenge = 3 entwickelt, ſo muſs bei der Zerſetzung der Verbindung A B durch C eine Wärmemenge = 1 = 3 — 2 frei werden. So erklärt ſich die lebhafte Feuerentwickelung, welche der im Salpeter loſe gebundene Sauerſtoff bei ſeinem Uebertritte an Kohlenſtoff und andere Stoffe, die ihn innig binden, hervorbringt. Ueber Entwickelung von Elektricität bei Zerſetzungen s. Art. *Galvanismus*.

b) Die Zeit, in welcher die Zerſetzung erfolgt, hängt gröſstentheils von den oben (III. 2. B) angeführten, auf die Schnelligkeit der chemiſchen Vereinigung einwirkenden Umſtänden ab. Iſt einer der Zerſetzungstheile gasförmig und hat er ſich aus einer tropfbaren Flüſſigkeit zu entwickeln, ſo wird die Zerſetzung durch die Gegenwart eckiger Körper beſchleunigt[1].

---

1 S. Art. *Abſorption*. Bd. I, S. 68.

c) *Qualitätsänderung.* Bei jeder Zersetzung entstehn wenigstens zwei heterogene Materien oder Zersetzungstheile, welche je nach ihrer Natur und der bei der Zersetzung gegebenen Temperatur starr, tropfbar oder elastisch-flüssig seyn können und welche, so lange sie sich noch nicht vermöge ihres specifischen Gewichtes geschieden haben, ein trübes oder undurchsichtiges Gemenge darstellen.

Entstehn bei einer Zersetzung elastische Zersetzungstheile, so können sich folgende Erscheinungen zeigen.

1) Das *Aufbrausen* oder die *Effervescenz* erfolgt, wenn sich bei der in einer tropfbaren Flüssigkeit vor sich gehenden Zersetzung ein elastisch-flüssiger Stoff allmälig entwickelt und in Blasen aufsteigt, z. B. Kalk oder kohlensaures Kali und wässerige Salzsäure.

2) *Verpuffung* oder *Detonation* und, wenn das Geräusch weniger lebhaft ist, *Verzischung.* Hier entwickeln sich eine oder mehrere elastisch-flüssige Zersetzungstheile aus einem festen (Knallsilber), tropfbar-flüssigen (Chlorstickstoff) oder gasförmigen (Chloroxyd) Körper fast augenblicklich, und indem sie das ihrer (häufig durch höhere Temperatur gesteigerten) Elasticität entsprechende viel gröſsere Volumen einzunehmen suchen, drücken sie mit Gewalt Luft und andere Gegenstände nach allen Richtungen zurück und veranlassen Knall und Zerschmetterung fester Gegenstände. Bei gasförmigen Verbindungen, wie Chloroxyd, ist deshalb eine Verpuffung möglich, weil die getrennten Bestandtheile, wie Chlorgas und Sauerstoffgas, ein gröſseres Volumen einnehmen, als die Verbindung besaſs. Die Lichtentwickelung, welche bei vielen dieser Verpuffungen statt findet, ist von zwei Ursachen abzuleiten. In einigen Fällen ist die Zersetzung von einer bis zur Feuerentwickelung gehenden Temperaturerhöhung begleitet, wie bei Schieſspulver, Knallpulver u. s. w., und diese höhere Temperatur trägt mit dazu bei, den entstehenden Gasen und Dämpfen eine um so gröſsere Elasticität zu ertheilen. In andern Fällen, wie bei der Zersetzung des Chloroxyds, Chlorstickstoffs und Iodstickstoffs, scheint wenigstens keine bis zum Glühen gehende Temperaturerhöhung einzutreten, und hier leitet man die Lichtentwickelung von der starken Compression der den detonirenden Körper umgebenden Luft ab, oder z. B.

Digitized by Google

bei dem in einer Glasröhre eingeschlossenen Chloroxydgase von der Compression, welche der sich zuerst zersetzende Theil auf den noch nicht zersetzten Theil desselben ausübt. Da jedoch Thénard[1] es neuerdings wahrscheinlich gemacht hat, daſs die Lichtentwickelung, welche Luft, Sauerstoffgas und Chlorgas beim raschen Zusammenpressen in einer starken Glasröhre zeigen, von der Verbrennung des Fettes und anderer darin enthaltenen organischen Substanzen herrührt, so fragt es sich, ob nicht vielmehr die rasche Ausdehnung eines Gases an und für sich mit Lichtentwickelung verknüpft ist? Auf jeden Fall ist diese Lichtentwickelung auf dieselbe Weise zu erklären, wie das Windbüchsenlicht und das Licht, welches sich zeigt, wenn man einen mit Blase überbundenen Cylinder bis zum Zersprengen derselben exantlirt[2]. Brianchon[3] hat über die Verpuffung einiger Stoffe eine besondere Ansicht aufgestellt, nach welcher dieselben im Momente der Verpuffung aus der Luft mit groſser Heftigkeit Sauerstoff ziehen und dadurch der Luft eine starke Bewegung gegen den Ort, wo sie sich befinden, ertheilen sollen, so daſs zwei entgegengesetzte Bewegungen entstehn, die der Luft gegen das Knallgemisch und die der Gase von demselben hinweg. Diese Luftbewegung sey der Grund, warum die Knallgemische vorzüglich nach unten durchschlagen. Die Unstatthaftigkeit dieser Ansicht hat jedoch Gay-Lussac dargethan. Die rasche Entwickelung elastischer Flüssigkeiten, die einen viel gröſseren Raum einnehmen, als der Körper, aus dem sie entstehn, erklärt die Erscheinungen der Verpuffung vollständig.

Entstehn bei einer Zersetzung mehrere tropfbar-flüssige Zersetzungstheile, so bilden sie ein trübes Gemenge, bis sie sich ihrem specifischen Gewichte gemäſs über einander gelagert haben, z. B. bei der Zersetzung einer Auflösung von flüchtigem Oel in Weingeist durch Wasser.

Wenn sich bei der Zersetzung einer tropfbaren oder elastischen Flüssigkeit feste Zersetzungstheile ausscheiden und als specifisch schwerer zu Boden setzen, so heiſsen diese: *Nie-*

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIV. p. 181.

2 S. Art. *Licht.* Bd. VI. S. 268—271.

3 Essay chimique sur les réactions foudroyantes. Par. 1825. Bibl. univ. T. XXVIII. p. 39.

derschlag, gefällter Körper, Präcipitat, und eine Zersetzung dieser Art wird eine *Fällung, Niederschlagung, Präcipitation* genannt, und zwar, wenn die Absonderung des festen Körpers bloſs eine Folge der durch Temperaturänderung vermehrten Cohäsion ist, wie schon oben bemerkt, eine *freiwillige Niederschlagung* oder *Fällung* (*Praecipitatio spontanea*), wenn sie dagegen durch Hinzutreten anderer wägbarer Stoffe zu der Flüssigkeit hervorgebracht wird, eine *erzwungene* oder *ächte Niederschlagung* oder *Fällung* (*Praecipitatio coacta*). Im letzteren Falle heiſst der die Zersetzung bewirkende Körper das *Fällungsmittel* (*Praecipitans*). Sind die festen Zersetzungstheile leichter, als die Flüssigkeit, so werden sie bisweilen als *Rahm* (*Cremor*) unterschieden, z. B. Talgsäure, aus der Seifenlösung durch Salzsäure abgeschieden. Das Präcipitat kann sowohl ein Educt als ein Product seyn. Fällt man aus Kalkwasser durch Weingeist den Kalk, so ist der Niederschlag ein Educt; fügt man zu Kalkwasser Kleesäure, so ist der niederfallende kleesaure Kalk ein Product.

Die Atome des festen Zersetzungstheils vereinigen sich im Augenblicke ihrer Ausscheidung oder Bildung vermöge ihrer Cohäsion jedesmal zu gröſsern Massen, die jedoch je nach der Natur des festen Körpers und je nach der Zeit, innerhalb welcher die Zersetzung erfolgt, eine verschiedene Gröſse und Form besitzen, so daſs sich aus dem äuſsern Ansehn des Niederschlags einigermaſsen auf seine chemische Natur schlieſsen läſst. Es sind hierbei vorzüglich folgende Formen zu unterscheiden, von welchen die zwei ersten als amorph, die übrigen als krystallinisch zu betrachten sind. *Flockig;* Vereinigung zu gröſsern, lockern, fadigen Massen; Alaunerdehydrat, Eisenoxydhydrat und phosphorsaurer Kalk, die aus ihrer Auflösung in Säuren durch Alkalien gefällt werden. *Käsig;* die Massen sind hier noch gröſser, dichter, fester, aber ebenfalls unkrystallinisch; Chlorsilber, wie es aus einem aufgelösten Silbersalze durch Salzsäure gefällt wird, Kässtoff bei seiner Fällung aus der Milch durch Säuren. *Pulverig;* die Atome sind nur zu kleinen, undeutlich krystallinischen Massen vereinigt; schwefelsaurer Baryt, wie er aus einem aufgelösten Barytsalze durch Schwefelsäure erhalten wird; Silber, aus salpetersaurem Silberoxyd durch Eisenvitriol gefällt. *Körnig;* Vereinigung zu grobpulverigen, deutlicher krystallinischen Massen; schwefel-

saures Kali, aus wässerigem kohlensaurem Kali durch Schwefelsäure gefällt. *Dendritisch;* Vereinigung zu gröſsern, zweigförmigen Massen, welche aus vielen einzelnen Krystallen zusammengesetzt sind. Hierher gehören die Metallbäume[1].

V. Affinitätsgröſse.

Die Lehre von den Zersetzungen der chemischen Verbindungen nöthigt zu der Annahme, daſs die Affinität zwischen verschiedenen Stoffen verschieden groſs ist. Es müssen auch diese verschiedenen Affinitätsgröſsen in einem bestimmten Verhältnisse zu andern Naturkräften stehn. Wenn wir sehn, daſs aus einer in der Wärme gesättigten Auflösung des Salpeters in Wasser ein Theil des Salpeters bei 0° herauskrystallisirt, sofern die in der Kälte zunehmende Cohäsion des Salpeters die Affinität des Wassers zu demselben bis zu einem gewissen Puncte überwindet, und annehmen, daſs nach beendigter Krystallisation sich die Cohäsion des Salpeters mit der Affinität des noch eine gewisse Menge Salpeter enthaltenden Wassers ins Gleichgewicht gesetzt hat, so ergiebt sich hieraus die Möglichkeit, diese Affinität des bei 0° mit Salpeter gesättigten Wassers zu mehr Salpeter durch das Gewicht auszudrücken. Es wäre nur zu untersuchen, welches angehängte Gewicht bei 0° nöthig ist, um einen Salpeterkrystall von einer bestimmten Dicke, z. B. von einem Quadratcentimeter Durchschnittsfläche, zu zerreiſsen, und wenn sich fände, daſs hierzu x Gramme Gewicht nöthig sind, so würde die Affinität des bei 0° mit Salpeter gesättigten Wassers zu mehr Salpeter durch das Gewicht von x Grammen ausgedrückt werden können. Ebenso lieſse sich die Affinität des Wassers und anderer Flüssigkeiten gegen viele andere feste Körper bei bestimmten Temperaturen durch das Gewicht ausdrücken, wobei die Cohäsion immer bei derselben Durchschnittsfläche (von einem Quadratcentimeter) bestimmt werden müſste. Wenn es auf diese Weise gelänge, die chemische Kraft, mit welcher sich die verschiedenen Stoffe anziehn, durch das Gewicht auszudrücken und sie dadurch mit andern Naturkräften, wie Schwerkraft, Adhäsion und Cohäsion, vergleichbar zu machen,

---

1 S. Art. *Metallbaum.* Bd. VI. S. 1815.

so würde man die sogenannte *absolute Affinitätsgröſse* erhalten. In gleichem Sinne schlugen Lavoisier und Laplace vor, bei verschiedenen Graden unter 0 eine Säure mit Eis zusammenzubringen, dann zu untersuchen, bei welchem Kältegrade und bei welcher Verdünnung ihre auflösende Wirkung auf das Eis aufhöre, und auf diese Weise die Affinität der Säure zum Eis, je nach ihrer verschiedenen Concentration, auf Thermometergrade zurück zu bringen; ebenso läſst sich auch mit Salzen und andern Stoffen einerseits und Eis andererseits verfahren.

Jedoch auf dem so eben angedeuteten Wege lassen sich nur für die schwächsten und unwichtigsten Affinitäten Gewichte finden, durch die sie ausgedrückt werden können; alle nur irgend bedeutende Affinitäten überwiegen in einem solchen Maſse die Cohäsion, daſs diese nie die innigern Verbindungen aufhebt und daher eine Vergleichung mit ihrer Kraft unmöglich ist.

Bei der bis jetzt vorhandenen Unmöglichkeit, für die innigeren Verbindungen die absolute Affinitätsgröſse zu bestimmen, begnügt man sich vor der Hand mit der Auffindung der *relativen Affinitätsgröſse*. Hierunter versteht man das Verhältniſs der Affinitätsgröſsen gegen einander, ohne Rücksicht auf andere Naturkräfte. Vielleicht gelangt man einst dahin, jeder Affinitätsgröſse eine bestimmte relative Zahl beizulegen; bis jetzt aber begnügt man sich fast bloſs damit, auszumitteln, in welcher Ordnung sich die Affinitäten verschiedener Stoffe gegen einen bestimmten ihrer Stärke nach folgen, ohne auszumitteln, um wie viel die eine Affinität gröſser ist, als die andere, und selbst dieses unvollkommene Unternehmen ist höchst schwierig und bis jetzt durchaus nicht genügend gelungen.

Vor allen Dingen ist hierbei die Frage aufzuwerfen, ob die Affinität zwischen zwei Stoffen je nach der Temperatur verschieden groſs ist. Man könnte einerseits vermuthen, daſs, so wie die Wärme dadurch, daſs sie die homogenen Atome von einander zu entfernen strebt, die Cohäsion schwächt, sie auch durch Entfernung der heterogenen Atome die Affinität verringern könnte. Es scheint jedoch, daſs, so lange ihre Wirkung nicht so weit geht, daſs sie mit dem einen Stoffe eine gasförmige Verbindung bildet, wodurch sie gleich einer dritten wägbaren Materie die Verbindung aufhebt, sie den

Digitized by Google

chemischen Zusammenhalt nicht schwächt, wahrscheinlich, weil sie bei einer Verbindung von zwei wägbaren Stoffen bloſs die zusammengesetzten Atome von einander zu entfernen strebt und nicht die einfachen Atome, die ein Zusammengesetztes bilden. Auf der andern Seite könnte man aus mehreren Erscheinungen schlieſsen, daſs erhöhte Temperatur die Affinität steigert; so könnte man die Fälle, wo sich zwei Stoffe bloſs in der Glühhitze vereinigen, davon ableiten, daſs hierdurch die Affinität vergröſsert oder gar erst hervorgebracht werde. In diesem Falle müſste aber die entstandene Verbindung in der Kälte, womit die Affinität wieder abnähme oder aufhörte und andere Kräfte, wie die Cohäsion, das Uebergewicht erhalten, wieder in ihre Bestandtheile zerfallen, z. B. der in der Glühhitze erzeugte Schwefelkohlenstoff in Kohlenstoff und Schwefel. Dieses ist aber niemals der Fall, auſser so weit es sich bei loseren Verbindungen aus der durch Erkältung vermehrten Cohäsion nach Obigem erklären läſst, und es geht hieraus hervor, daſs die Affinität zwischen solchen Stoffen auch in der Kälte vorhanden, daſs aber zur Aeuſserung derselben eine höhere Temperatur erforderlich ist, diese also wohl, auf eine allerdings nicht weiter erklärte Weise, die Verbindungen einleiten kann, nicht aber erst die Affinitäten hervorbringt. Vor der Hand ist also kein Grund zu der Annahme vorhanden, daſs die Affinität zwischen zwei Stoffen je nach der Temperatur verschieden ist. Die Kälte kann lose Verbindungen aufheben durch Vermehrung der Cohäsion eines Bestandtheiles, die Hitze kann Verbindungen aufheben, sofern die mit der Intensität gesteigerte Affinität der Wärme zu einem Bestandtheile, mit dem sie ein Gas bildet, ins Spiel kommt; aber die Affinität der wägbaren Stoffe gegen einander bleibt wahrscheinlich bei jeder Temperatur dieselbe. Nur wenn man das Berthollet'sche Gesetz über die doppelte Affinität nicht aus dem Einfluſs der Cohäsion, sondern daraus erklärt, daſs immer die innigern Verbindungen entstehn und diese relativ die minder löslichen sind, hätte man z. B. bei der reciproken Affinität zwischen salzsaurem Natron und schwefelsaurer Bittererde anzunehmen, daſs je nach der verschiedenen Temperatur die Affinitätsgröſsen verschieden sind.

Es sind besonders folgende Methoden versucht worden, die relative Affinitätsgröſse zu bestimmen.

Digitized by Google

a) Man schlieſst aus dem Erfolge des Affinitätenconflictes auf die verschiedene Affinitätsgröſse, indem man von dem Grundsatze ausgeht, daſs die Kräfte, welche eine Zersetzung bewirken, diejenigen überwiegen, wodurch die alten Verbindungen zusammengehalten werden. Je nachdem man hierbei Fälle untersucht, in welchen bloſs wägbare Stoffe wirken, oder solche, in welchen zugleich die Wärme vermöge ihrer Affinität thätig ist, ergeben sich folgende specielle Bestimmungsweisen.

α) Zersetzungen, bei welchen bloſs wägbare Stoffe in Betracht kommen.

1) *Durch einfache Wahlverwandtschaft.* Wenn man findet, daſs die Verbindung AB durch C in AC und freies B zersetzt wird, desgleichen die Verbindung AC durch D in AD und C u. s. w., so folgert man hieraus, daſs A zu D die gröſste Affinität hat, dann zu C und die geringste zu B. Man kann auf diese Weise A in Bezug auf alle die Stoffe prüfen, mit welchen A verbindbar ist. Setzt man dann in einer Tabelle A zu oberst und darunter alle mit A verbindbare Stoffe in der Ordnung, wie ihre Affinität zu A abnimmt, so erhält man die *Affinitätscolumne* von A. Werden dann auch andere einfache und zusammengesetzte Stoffe auf dieselbe Weise wie A untersucht, so daſs jeder derselben eine eigene Columne erhält, und werden alle diese Columnen in eine gemeinschaftliche Tafel zusammengetragen, so erhält man eine *Affinitätstabelle* (*Tabula Affinitatum*). Den ersten, noch sehr unvollkommenen Versuch dieser Art verdanken wir Geoffroy dem Aeltern; ihm folgten Gellert (Anfangsgründe der metallurg. Chemie 1750); Rüdiger (systemat. Unterricht der Chemie 1756), Limbourg (Diss. sur les aff. chym. Liège 1761), Marherr (Diss. de Affin. corpor. Vindob. 1762); de Fourcy 1772; Demachy 1774; Erxleben (Anfangsgründe der Chemie 1775); Weigel (Grundr. der Chemie 1777); Wiegleb (Handb. d. allgem. Chemie 1781) und vorzüglich Bergman 1775. Einige Beispiele mögen diese Methode erläutern. Kohlensaurer Kalk bildet mit Salzsäure salzsauren Kalk und freie Kohlensäure; der salzsaure Kalk wird durch Schwefelsäure in schwefelsauren Kalk und freie Salzsäure

zersetzt; aus in Wasser gelöstem schwefelsaurem Kalk fällt Kleesäure kleesauren Kalk, während freie Schwefelsäure im Wasser bleibt. Hiernach folgen sich in der Columne des Kalkes diese vier Säuren in der Ordnung: Kleesäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Kohlensäure. Aus in Wasser gelöster schwefelsaurer Alaunerde fällt das Ammoniak die Erde, schwefelsaures Ammoniak erzeugend; letzteres Salz wird durch Kalk in schwefelsauren Kalk und freies Ammoniak zersetzt; der schwefelsaure Kalk zerfällt mit wässerigem Kali in schwefelsaures Kali und freien Kalk; endlich giebt schwefelsaures Kali, in Wasser gelöst, mit Barytwasser einen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt, während freies Kali gelöst bleibt. Somit würden sich in der Columne der Schwefelsäure die hier betrachteten Basen in der Ordnung folgen: Baryt, Kali, Kalk, Ammoniak, Alaunerde.

So einfach und sicher diese Methode auch scheint und so sehr sie geeignet ist, brauchbare Materialien zur Bestimmung der relativen Affinitätsgröſse zu liefern, so ist sie doch nicht über alle Zweifel erhaben und erheischt bei ihrer Anwendung die gröſste Umsicht. Besonders verdient der Einfluſs, welchen Cohäsion, Elasticität und Gegenwart anderer Stoffe, wie des Auflösungsmittels, auf die Zersetzungserfolge ausüben, die sorgfältigste Berücksichtigung. Daſs z. B. die Kleesäure aus in Wasser gelöstem schwefelsaurem Kalk kleesauren Kalk fällt, könnte daraus erklärt werden, daſs die Cohäsion des letztern Salzes gröſser ist, als die des erstern; vielleicht ist die Affinität der Kleesäure zum Kalk ein wenig schwächer, als die der Schwefelsäure, aber die gröſsere Cohäsion des kleesauren Kalkes und vielleicht zugleich die gröſsere Affinität des Wassers zur Schwefelsäure als zur Kleesäure geben den Ausschlag. Eine sichere Entscheidung hierüber ist vor der Hand nicht möglich. Auch wurde vermuthet, die Salzsäure treibe aus dem kohlensauren Kalk die Kohlensäure nicht vermöge gröſserer Affinität, sondern weil die Kohlensäure elastischer ist, d. h. gröſsere Affinität zur Wärme besitzt, als die Salzsäure. Doch ist dieser Zweifel durch den bei der Lehre von der reciproken Affinität angeführten Versuch beseitigt, sofern die Zersetzung auch im verschlossenen Raume unter einem Drucke erfolgt, bei dem sich die abgeschiedene Kohlensäure zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichtet. Dagegen ist früher

Digitized by Google

gezeigt worden, daſs z. B. die Boraxsäure in der Glühhitze schwefelsaures Natron zersetzt, während in der Kälte der umgekehrte Erfolg eintritt. Diese Beispiele zeigen, daſs es wichtig ist, die Wirkung der Stoffe auf einander unter mannigfach abgeänderten Umständen zu prüfen und bei den Schlüssen, welche man aus den Zersetzungen durch einfache Wahlverwandtschaft hinsichtlich der Affinitätsgröſse zieht, nie die genannten Umstände unberücksichtigt zu lassen, welche, wie in der Lehre von der reciproken Affinität gezeigt wurde, den Erfolg umkehren und der schwächern Affinität den Sieg ertheilen können. Einen dieser Umstände, nämlich die verschiedene Temperatur, berücksichtigte bereits Bergman. Auf seiner Tabelle werden die *Attractiones electivae via humida* und *via sicca* unterschieden, je nachdem die Zersetzungen bei gewöhnlicher Temperatur oder in der Glühhitze vor sich gehn. Diese Unterscheidung ist freilich noch nicht erschöpfend, da oft schon bei verschiedenen Graden der Glühhitze oder einer Temperatur unterhalb der Glühhitze entgegengesetzte Erfolge eintreten und z. B. das Kalium in der Rothglühhitze dem Eisen den Sauerstoff entzieht, während in der Weiſsglühhitze sich das Eisen desselben bemächtigt. Zugleich wird durch solche Unterscheidungen zugegeben, daſs die Affinitätstabellen nicht immer die Affinitätsgröſsen angeben, sondern bloſs den Zersetzungserfolg unter gewissen Umständen, daher diese Tabelle von mehrern Chemikern *Fällungstafeln* oder richtiger *Zersetzungstafeln* genannt worden sind.

Die gröſste Schwierigkeit jedoch, durch einfache Wahlverwandtschaft die Affinitätsgröſsen auszumitteln, liegt darin, daſs dieser Erfolg nicht immer in reiner Gestalt eintritt. Sehr häufig erhält man beim Zusammenbringen von AB mit C nicht AC und B, sondern AC und BC. Wenn man z. B., um zu erfahren, ob Arsenik oder Schwefel eine gröſsere Affinität zum Sauerstoff hat, arsenige Säure mit Schwefel erhitzt, so entsteht zwar schweflige Säure, aber das ausgeschiedene Arsenik bildet mit einem andern Theile des Schwefels Schwefelarsenik. Man kann hier nicht folgern, daſs die Affinität des Schwefels zum Sauerstoff gröſser ist, als die des Arseniks, sondern bloſs, daſs die des Schwefels zum Sauerstoff + der des Schwefels zum Arsenik gröſser ist, als die des Arseniks zum Sauerstoff.

2) *Durch doppelte Wahlverwandtschaft.* Guyton Morveau

nahm an, daſs, wenn sich zwei Salze wechselseitig zersetzen, die Summe der beiden trennenden Affinitäten gröſser seyn müsse, als die der beiden ruhenden, daſs z. B. bei der Zersetzung des schwefelsauren Natrons durch salzsauren Baryt die Affinität der Schwefelsäure zum Baryt + der Affinität des Natrons zur Salzsäure gröſser seyn müsse, als die Affinität der Schwefelsäure zum Natron + der Affinität des Baryts zur Salzsäure. Er untersuchte nun, welche Zersetzungen die Salze einiger Säuren und Salzbasen mit einander zeigten, und versuchte, den Affinitäten derselben solche Gröſsen beizulegen, daſs die Berechnung dem Erfolge entsprach. So fand er durch Tasten folgende Zahlen:

	Schwefel-säure	Salpeter-säure	Salz-säure	Essig-säure	Kohlen-säure
Baryt	66	62	36	28	14
Kali	62	58	32	26	9
Natron	58	50	31	25	8
Kalk	54	44	24	19	12
Ammoniak	46	38	21	20	4
Bittererde	50	40	22	17	6
Alaunerde	40	36	18	15	2

Nach dieser Tabelle muſs sich das schwefelsaure Natron mit dem salzsauren Baryt zersetzen, weil 66 + 31 (= 97) mehr beträgt, als 58 + 36 (= 94). Wenn übrigens auch diese Zahlen viele Zersetzungserfolge richtig voraussagen, so läſst es sich doch leicht zeigen, daſs sie unrichtig sind und daſs es gar nicht möglich ist, auf diese Weise richtige Zahlen zu finden. In vielen Fällen sind sich die Summen gleich, z. B. bei schwefelsaurem Kali und salpetersaurem Baryt (62 + 62 = 66 + 58); bei schwefelsaurem Kali und salzsaurem Baryt (62 + 36 = 66 + 32). In andern ist sogar die Summe der ruhenden Affinitäten gröſser, als die der trennenden, so daſs die Berechnung mit der Erfahrung in directem Widerspruche steht; z. B. salpetersaurer Baryt und schwefelsaures Natron (62 + 58 > 66 + 50); salpetersaurer Baryt und schwefelsaures Ammoniak (62 + 46 > 66 + 38); salpetersaurer Baryt und schwefelsaurer Kalk (62 + 54 > 66 + 44); salpetersaurer Baryt und schwefelsaure Bittererde; salpetersaurer Baryt

Sch. 66.

und kohlenſaures Natron; ſchwefelſaure Bittererde und kohlenſaures Ammoniak u. s. w. Nicht bloſs den Erfolgen der doppelten Affinität widersprechen nach den mitgetheilten Beiſpielen diese Zahlen von Guyton Morveau, sondern auch denen der einfachen Wahlverwandtſchaft. So ist nach ihm die Affinität der Salpeterſäure und Salzſäure zum Baryt gröſser, als zum Kali, da dieses doch aus ſalpeter- oder ſalzſaurem Baryt den Baryt ausſcheidet; ferner ist die Affinität der Essigſäure zum Kalk nur zu 19 und die zum Ammoniak zu 20 geſetzt, da doch der Kalk dem Ammoniak die Essigſäure entzieht.

Nach dem, was über den Einfluſs der Cohäſion auf die Zerſetzungen durch doppelte Affinitäten und über die reciproken Affinitäten mitgetheilt wurde, ist leicht einzuſehn, daſs man sich vergeblich bemühn würde, die Zahlen von Guyton Morveau zu rectificiren und dadurch überall der Erfahrung anzupassen, da diese Zerſetzungen nicht bloſs von der Summe der Affinitätsgröſsen, ſondern auch von der Cohäſion, der Temperatur und den Löſungsmitteln abhängen und hiernach variiren.

β) Zerſetzungen, bei welchen die Affinität der Wärme mitwirkt.

Viele Verbindungen wägbarer Stoffe werden durch höhere Temperatur zerſetzt, indem sich die Wärme mit dem einen Beſtandtheile zu einer elaſtiſchen Flüssigkeit vereinigt. Man muſs bei der Wärme annehmen, daſs ihre Affinität gegen wägbare Stoffe mit der Menge, in der ſie angehäuft ist, also mit der Temperatur zunimmt, daſs daher eine um ſo gröſsere Temperaturerhöhung nöthig ist, um die Verbindung eines fixeren Stoffes mit einem flüchtigeren zu zerſetzen, je gröſser die Affinität zwiſchen beiden, und daſs daher aus der zur Zerſetzung nöthigen Temperatur die Affinitätsgröſse gefunden werden kann, wobei jedoch zugleich der Siedpunct des flüchtigern Beſtandtheils in Rechnung gebracht werden muſs. Der Schwefelkies entwickelt in mäſsiger Glühhitze, die etwa zu 500° anzuſchlagen ist, Schwefeldampf, bis Achtſiebentel-Schwefeleiſen bleibt; da nun der Siedepunct des Schwefels bei 293° liegt, ſo lieſse ſich die Affinität des Achtſiebentel-Schwefeleiſens

zum Schwefel mit der Zahl 500 — 293 = 207 ausdrücken. Das Gold verliert allen seinen Schwefel schon bei geringer Hitze und dessen Affinität zum Schwefel ist um so viele Grade geringer; die meisten übrigen Schwefelmetalle verlieren den Schwefel nicht, und dieses beweist, daſs die Zahl, durch welche die Affinität des Schwefels zu diesen Metallen auszudrücken wäre, mehr beträgt, als diejenige, welche man durch Subtraction der 293° (Siedpunct des Schwefels) von dem Temperaturgrade erhält, welchem die Schwefelmetalle ohne Zersetzung ausgesetzt wurden. Ebenso würde die Affinität des Iods, Broms und Chlors gegen die wenigen Metalle, von welchen sie durch Erhitzung geschieden werden können, zu bestimmen seyn, da der Siedpunct des Iods und Broms bekannt ist und der des Chlors aus der Spannung, die es im liquiden Zustande bei verschiedener Temperatur zeigt, annähernd berechnet werden könnte. Ebenso lieſse sich die des Quecksilbers und Arseniks zu einigen fixeren Metallen und die des Ammoniaks zu verschiedenen Säuren und der Kohlensäuren zu manchen Salzbasen bestimmen. Das Ammoniak wird aus seiner Verbindung mit Boraxsäure durch geringere Glühhitze völlig ausgetrieben, als aus seiner Verbindung mit Phosphorsäure, zu der es auch nach andern Beobachtungen eine gröſsere Affinität hat. Die meisten Salzbasen verlieren die Kohlensäure schon bei schwacher Glühhitze, der Kalk bei stärkerer, der Strontian bei noch stärkerer, der Baryt im stärksten Essenfeuer, das Kali und Natron gar nicht. Hiernach müssen letztere zwei Basen die gröſste Affinität gegen die Kohlensäure besitzen, und die Erfahrung, daſs ihnen Kalk, Strontian und Baryt bei hinreichender Wassermenge die Kohlensäure entziehn, muſs aus der Gegenwart des Wassers und dessen gröſserer Affinität zum ätzenden Kali und Natron zu erklären seyn, nach dem, was bei der Lehre von der reciproken Affinität über Kali und Kalk ausführlicher bemerkt wurde. Da endlich auch mehrere Sauerstoffverbindungen, wie Chromsäure, Manganhyperoxyd, Antimonsäure, Arseniksäure und die Oxyde der edeln Metalle bei höherer Temperatur ihren Sauerstoff theilweise oder gänzlich entwickeln und die Verbindungen des Wasserstoffs mit Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel und die des Stickstoffs mit Chlor und Iod bei verschieden starker Erwärmung zersetzt werden, so läſst sich die Affini-

tätsgröſse in diesen Verbindungen wenigstens vergleichungsweise bestimmen, nur daſs, weil der Siedpunct des Sauer-, Wasser- und Stickstoffs unbekannt ist, keine bestimmten Zahlen ermittelt werden können.

b) Man sucht aus der Adhäsionsgröſse die relative Affinitätsgröſse zu bestimmen.

Guyton Morveau betrachtete die Adhäsion als eine anfangende Affinität; die heterogenen Stoffe ziehen sich zuerst in Massen an, bevor sie, in ihre Atome zertheilt, chemische Verbindungen bilden. Hiernach muſs die Adhäsionsgröſse zur Affinitätsgröſse in einem geraden Verhältnisse stehn und durch Bestimmung der erstern auch die letztere gefunden werden können. Morveau hängte eine Scheibe von einem Zoll Durchmesser, bald aus diesem, bald aus jenem Metall bestehend, an die eine Seite des Waagbalkens, brachte ihn durch auf die entgegengesetzte Waagschale gelegte Gewichte ins Gleichgewicht, näherte der Scheibe ein mit Quecksilber gefülltes Gefäſs, so daſs ihre untere Fläche damit genau in Berührung kam, und untersuchte, wie viel Gewicht weiter in die Waagschale gelegt werden muſste, um die Scheibe vom Quecksilber zu trennen. So fand er, daſs bei den von ihm untersuchten Metallen folgende Gewichte erforderlich waren: Gold 446 Gran, Silber 429, Zinn 418, Blei 397, Wismuth 372, Zink 204, Kupfer 142, Antimon 126, Eisen 115, Kobalt 8 Gran. Beinahe ganz nach dieser Ordnung verbinden sich diese Metalle verschieden leicht mit dem Quecksilber und sonach scheint der Versuch obiger Ansicht zu entsprechen.

Jedoch ist Folgendes dagegen zu bemerken. Daſs Adhäsions- und Affinitätsgröſse in einem geraden Verhältnisse zu einander stehn, ist zwar möglich, aber vor der Hand nicht erwiesen. Manche Erfahrungen möchten sogar dieser Annahme widersprechen; so ist die Affinität des Quecksilbers zum Schwefel viel gröſser, als zu jenen Metallen, und dennoch würde eine Schwefelplatte eines geringern Gewichts bedürfen, als jene Metalle, um vom Quecksilber getrennt zu werden. Wenn sich ferner das Gold mit dem Quecksilber leichter chemisch verbindet, als etwa das Zink, so folgt daraus noch nicht, daſs seine Affinität zum Golde gröſser ist, als zum Zink; zur Bestimmung dieser Affinitätsgröſsen hätte man zu untersuchen, bei welcher Temperatur die Metalle das Quecksilber verlieren.

Digitized by Google

Diese von der Affinitätsgröſse unabhängige gröſsere Leichtigkeit, sich zu verbinden, bewirkt ferner, daſs das Gold sich schnell amalgamirt, d. h. mit einer dünnen Schicht von Goldamalgam überzieht, welches in einer innigern Berührung mit dem Quecksilber steht, als eine nicht amalgamirte Metallfläche, und dadurch die Trennung erschwert. Ueberhaupt wird durch dieses Verfahren nicht einmal die Adhäsionsgröſse gefunden. Das zur Trennung nöthige Gewicht drückt nicht die Kraft aus, mit welcher das Gold, sondern diejenige, mit welcher das Goldamalgam an dem Quecksilber haftet, und auch dieses nur unvollständig; denn am Amalgam bleibt bei der Trennung Quecksilber hängen, es wird somit das Quecksilber selbst zerrissen und also vorzüglich seine Cohäsion hierbei gefunden. Sofern bei den übrigen Metallen die Bildung des Amalgams unvollständiger vor sich geht und daher das Quecksilber weniger anhängt und weniger zerrissen wird, sind bei ihnen geringere Gewichte nöthig. Wäre es endlich aber auch erwiesen, daſs die Adhäsions- und die Affinitätsgröſse gleichen Schritt halten, so würde letztere durch erstere doch nicht wohl gefunden werden können, weil erstere bei Stoffen, welche sich bei der Berührung sogleich verbinden, gar nicht gemessen werden kann.

c) Man berechnet die Affinitätsgröſse aus der Zeit, in welcher die Verbindung erfolgt.

Da die Zeit, in welcher sich die Stoffe verbinden, zum Theil auch von der Gröſse ihrer Affinität abhängt (III. 2. B), so könnte man, wenn hierauf nicht andere Umstände, wie specifisches Gewicht, Cohäsion und Elasticität, noch viel bedeutender einflössen, aus der Schnelligkeit, mit welcher eine Verbindung gebildet wird, auf die Gröſse der dieselbe bewirkenden Affinität schlieſsen. So setzte Wenzel[1] Metallcylinder von gleicher Höhe und gleichem Durchmesser, die überall mit Ausnahme einer Grundfläche mit einem Lack überzogen waren, der Wirkung verschiedener Säuren bei gleicher Temperatur und gleich lange Zeit aus und schloſs aus der Menge des aufgelösten Metalls auf die Affinitätsgröſse. Diese Versuche können jedoch schon deshalb nichts beweisen, weil

1 Von der Verwandtschaft. S. 28.

Digitized by Google

bei der Auflösung der Metalle in Säuren verschiedene Affinitäten zugleich ins Spiel kommen, z. B. die Affinität des Metalls zum Sauerstoff, der theils der Säure, theils dem Wasser entzogen werden muſs, des Metalloxyds zur Säure und des Metallsalzes zum Wasser, weil Wenzel je nach der Beschaffenheit des Metalls bald concentrirtere, bald verdünntere Säure anwendete, und weil eine gleich groſse Fläche verschiedener Metalle je nach ihrem Atomgewichte und ihrer Dichtigkeit eine verschieden groſse Zahl von Atomen dem Auflösungsmittel darbietet. Aber auch Versuche, mit Beseitigung dieser Uebelstände angestellt, würden zu nichts führen, weil der Einfluſs der Cohäsion und des specifischen Gewichtes nicht wohl in Rechnung gebracht werden kann.

d) Die Affinitätsgröſse wird aus der Menge bestimmt, in welcher sich die Stoffe vereinigen.

Berthollet stellte folgende Hypothese auf: je weniger von einem Stoff B nöthig ist, um den Stoff A zu neutralisiren, also seine entgegengesetzten Eigenschaften auszugleichen, desto entgegengesetzter muſs der Stoff B dem Stoff A und desto gröſser muſs auch ihre gegenseitige Affinität seyn. Wenn z. B. eine bestimmte Menge der Säure A schon durch einen Theil der Salzbase B neutralisirt wird, dagegen zwei Theile der Basis C und drei der Basis D zur Neutralisation bedarf, so verhalten sich die Affinitäten von A zu B, C und $D = 3 : 1\frac{1}{2} : 1$; kurz die Affinitätsgröſse steht in umgekehrtem Verhältnisse mit der zur Neutralisation erforderlichen Menge der Basis. Ebenso würde es sich mit der Affinität einer Salzbase gegen verschiedene Säuren verhalten; diejenige Säure, von welcher die kleinste Menge zur Neutralisation der Basis hinreicht, hätte von allen Säuren die gröſste Affinität gegen die Basis. Diese Ansicht widerstreitet allerdings den aus den Zersetzungen durch einfache Wahlverwandtschaft gezogenen Schlüssen, wie die folgenden zwei Columnen zeigen. In der der Schwefelsäure sind einige Salzbasen und in der des Kalks einige Säuren in der Ordnung unter einander gestellt, in welcher nach den Erfolgen der einfachen Wahlverwandtschaft ihre Affinität abnimmt.

Digitized by Google

40 Theile Schwefelsäure nehmen auf:		28,5 Theile Kalk nehmen auf:	
76,6	Baryt	40,0	Schwefelsäure
52,0	Strontian	54,0	Salpetersäure
47,2	Kali	36,4	Salzsäure
31,2	Natron	127,0	Hydriodsäure
28,5	Kalk	32	schweflige Säure
20,7	Bittererde	22	Kohlensäure
17	Ammoniak		

Diese Widersprüche sucht Berthollet aus dem Einflusse der Cohäsion und der Elektricität auf den Zersetzungserfolg zu erklären. Nach ihm muſs das Ammoniak gegen die Schwefelsäure die gröſste Affinität haben, weil schon 17 Theile desselben zum Neutralisiren von 40 Theilen Schwefelsäure hinreichen, während von den übrigen Basen mehr nöthig ist. Dennoch wird es von diesen aus seiner Verbindung mit der Schwefelsäure getrieben, weil es sich vermöge seiner Elasticität oder Neigung, sich mit der Wärme zu einem Gase zu verbinden, allmälig in Gasgestalt entwickelt und so aus der Wirkungssphäre tritt, wie dieses unten bei Darlegung der Berthollet'schen Theorie genauer auseinandergesetzt werden soll.

Daſs der Baryt und Strontian den übrigen Salzbasen die Schwefelsäure entziehn, wiewohl ihre Affinität zu dieser nach Berthollet's Ansicht geringer seyn muſs, erklärt er aus der groſsen Cohäsion des schwefelsauren Baryts und Strontians auf die ebenfalls unten genauer zu entwickelnde Weise. Daſs ferner der Kalk seine Schwefelsäure an das Kali abtritt, wiewohl er nach Berthollet's Ansicht eine gröſsere Affinität zu ihr haben muſs und wiewohl der schwefelsaure Kalk viel weniger löslich, also viel cohärenter ist, als das schwefelsaure Kali, erklärt Berthollet aus der noch geringern Löslichkeit oder noch gröſseren Cohäsion des sich ausscheidenden Kalks, und ebenso ist nach ihm die groſse Cohäsion der Bittererde der Grund, warum sie ungeachtet ihrer gröſsern Affinität durch die über ihr befindlichen Salzbasen von der Schwefelsäure geschieden wird. Je weniger elastisch und je weniger cohärent eine Basis und je cohärenter ihr Salz, desto eher bemächtigt sie sich nach Berthollet der Säure, und umgekehrt, je elastischer oder cohärenter eine Basis und je weniger cohärent

Digitized by Google

ihr Salz, desto leichter wird sie abgeschieden, welche Affinität zu der Säure sie auch besitze.

Ebenso hat man nach Berthollet in der Columne des Kalks die den Affinitätsgröſsen nicht entsprechenden Zersetzungserfolge aus dem Einflusse der Cohäsion und Elasticität zu erklären. Die Affinität der Kohlensäure zum Kalk muſs gröſser seyn, als die der übrigen Säuren, weil der Kalk von ihr am wenigsten bedarf. Daſs sie dennoch von den übrigen in der Columne aufgeführten Säuren aus dem kohlensauren Kalk ausgetrieben wird, ist von ihrer groſsen Elasticität abzuleiten. Daſs jedoch diese Erklärung unrichtig ist, ergiebt sich aus dem eben erzählten Versuche, nach welchem die Kohlensäure auch im verschlossenen Raume, wo sie tropfbare Gestalt annimmt, durch die Salzsäure ausgetrieben wird. Es ist ferner die schweflige Säure viel weniger elastisch, als die Salzsäure; sie bildet mit Kalk ein viel weniger lösliches Salz, als diese; ihre Affinität zum Kalk muſs nach der Berthollet'schen Ansicht gröſser seyn; dennoch wird der schwefligsaure Kalk durch die Salzsäure zersetzt.

Berthollet hat, um seine Hypothese mit der Erfahrung auszusöhnen, der Cohäsion und Elasticität einen unverhältniſsmäſsigen Einfluſs auf die Zersetzungserfolge eingeräumt. Daſs die von der Elasticität entnommenen Erklärungen falsch sind, hat Vorstehendes gezeigt; schwieriger läſst sich beweisen, daſs auch die Cohäsion keine so wichtige Rolle spielt. Es ist oben (IV. 1. c) gezeigt worden, daſs nur sehr lose Verbindungen, wie die Auflösungen von Salzen in Wasser, durch Erkältung, welche die Cohäsion vermehrt, theilweise aufgehoben werden können, während sich aus den innigern Verbindungen selbst der cohärentesten Stoffe, wie aus Kohlenoxyd, Fluorsilicium, Chlortitan, schwefelsaurer Alaunerde u. s. w. in noch so groſser Kälte niemals etwas ausscheidet. Dieses beweist, daſs die Cohäsion in Vergleich mit solchen gröſsern Affinitäten kaum in Betracht kommt und daher da, wo diese wirken, nur dann etwa den Ausschlag geben kann, wenn sie sich, wie bei den doppelten Affinitäten, ungefähr das Gleichgewicht halten. Allerdings ist es sehr beachtungswerth, daſs z. B. beim Zusammentreffen einer Säure mit zwei Salzbasen immer die minder löslichen Stoffe erhalten werden. Ist ein

Digitized by Google

Salz der minder lösliche, so entsteht dieses; ist es eine Salzbasis, so scheidet sich diese ab. So entzieht in obiger Columne der Schwefelsäure, der Baryt dieselbe dem Strontian, dieser dem Kali, dieses dem Natron, wo immer die erstern Basen schwieriger lösliche Salze bilden, als die letzteren. Der Baryt für sich ist leichter in Wasser löslich, als der Strontian, und bildet doch mit Schwefelsäure ein minder lösliches Salz; dasselbe Verhältniſs zeigt sich zwischen Kali und Natron. Ist nun die Cohäsion die Ursache des Zersetzungserfolges, wie Berthollet will, oder ist sie nicht vielmehr erst die Folge der gröſsern Affinität? Letztere Ansicht möchte den Vorzug verdienen. Eben weil die Affinität der Schwefelsäure zum Baryt gröſser ist, als zum Strontian, also eine innigere Verbindung mit ihm erzeugt, in welcher das Verbindungsbestreben beider Stoffe am meisten befriedigt ist, besitzt dieselbe nur noch eine geringere Affinität zum Wasser. Es entstehn bei diesen Zersetzungen nicht deshalb die minder löslichen Salze, weil ihre gröſsere Cohäsion ihre Bildung vorzugsweise begünstigt, sondern weil die stärkeren Affinitäten realisirt werden und diese die relativ minder löslichen Verbindungen erzeugen. Daſs endlich der Kalk durch das Natron und die Bittererde durch den Kalk von der Schwefelsäure abgeschieden wird, ist nach dieser Ansicht nicht die Folge der gröſsern Cohäsion des Kalkes und der noch gröſsern der Bittererde, sondern die Folge davon, daſs die Löslichkeit der Basen in Wasser oder ihre Affinität zu demselben ungefähr in derselben Ordnung abnimmt, wie ihre Affinität zu den Säuren. Wäre die Cohäsion von so groſser Wichtigkeit bei den Zersetzungen, so dürfte, wie bemerkt, der schwefligsaure Kalk nicht durch die Salzsäure zersetzt werden, und letztere Säure dürfte den kohlensauren Kalk nicht bei einem äuſsern Drucke zersetzen, bei welchem die Kohlensäure liquid wird.

Ganz oder theilweise entgegengesetzt von Berthollet's Gesetz über die Affinitätsgröſse sind die Gesetze, welche Bergman und Kirwan aus ihren unvollkommenen Untersuchungen über das Verhältniſs, nach welchem sich die Säuren mit den Salzbasen verbinden, abgeleitet haben. Bergman schloſs aus seinen Versuchen: 1) Die Affinität einer Säure ist am gröſsten gegen diejenige Basis, von welcher die Säure am meisten aufnimmt. In dieser Ordnung folgen sich allerdings

diejenigen Basen, die in der Columne der Schwefelsäure aufgeführt sind. 2) Ebenso hat nach Bergman eine Basis gegen diejenige Säure die gröſste Affinität, von welcher die gröſste Menge zur Neutralisation der Basis erforderlich ist. Diesem Gesetze entspricht die oben gegebene Columne des Kalks mit Ausnahme der Hydriodsäure und Schwefelsäure, aber erstere war Bergman nicht bekannt und seine Versuche gaben die Menge der Schwefelsäure gröſser an, daher ihm diese Ausnahme nicht bemerklich wurde.

Kirwan stimmte zufolge den von ihm unternommenen Analysen der Salze im ersten Gesetze mit Bergman überein, aber für die Affinität einer Basis gegen verschiedene Säuren stellte er umgekehrt das Gesetz auf, eine Basis habe gegen diejenige Säure die gröſste Affinität, von welcher sie am wenigsten aufnehme.

Alle diese Gesetze jedoch konnten nur dadurch einen Schein von Gültigkeit erhalten, daſs nur einige wenige Säuren und Salzbasen in dieser Beziehung geprüft wurden, und zwar auf eine ungenaue Weise; vor der heutigen Chemie können sie nicht mehr bestehn. So wie man die jetzt genauer ermittelten Mengenverhältnisse annimmt und in die Spalte der Schwefelsäure noch das Lithon nebst verschiedenen Erden und schweren Metalloxyden und in die des Kalkes noch mehrere andere Säuren setzt, so zeigt es sich deutlich, daſs keines dieser Gesetze richtig seyn kann. Auch wissen wir jetzt, daſs das Verhältniſs, nach welchem sich die Stoffe vereinigen, von ihrem Atomgewicht abhängt. Würde durch dieses Verhältniſs zugleich die Affinitätsgröſse bestimmt, so müſste diese mit dem Atomgewichte in einem einfachen geraden oder umgekehrten Verhältnisse stehn. Wäre z. B. Berthollet's Gesetz richtig, so müſste die Affinität des Wasserstoffs zu allen übrigen Stoffen die gröſste seyn, da er das kleinste Atomgewicht hat und also in der kleinsten Menge hinreicht, andere Stoffe zu sättigen, und die des Iods müſste viel geringer seyn, als die der meisten übrigen Stoffe, z. B. als die des Schwefels, da 126 Theile Iod zur Sättigung einer Menge von Metall nöthig sind, welche schon durch 16 Theile Schwefel gesättigt wird, während doch das Iod, wiewohl es flüchtiger ist, als der Schwefel, die Schwefelmetalle zersetzt.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, daſs die einzige, einiger-

Digitized by Google

maſsen genügende Weise, die relative Affinitätsgröſse aufzufinden, auf den Zersetzungen durch einfache Wahlverwandtschaft, sowohl mittelst wägbarer Stoffe, als mittelst der Wärme, beruht, daſs jedoch die gesammelten Erfahrungen der sorgfältigsten Prüfung bedürfen, und daſs man noch weit davon entfernt ist, die jeder Affinitätsgröſse zukommende Zahl zu kennen, ja daſs selbst die Ordnung, in welcher sich die Stoffe in ihren Affinitäten folgen, durchaus noch nicht mit Sicherheit ausgemittelt ist. Es lassen sich jedoch aus den bekannten Thatsachen folgende allgemeine Gesetze über die Affinitätsgröſse ableiten.

1) *Bei denselben zwei Stoffen.* Wenn A nach verschiedenen Verhältnissen mit B verbindbar ist, so bindet A die erste Menge von B mit gröſserer Kraft, als die zweite, diese mit gröſserer, als die dritte u. s. f. Dieses in der Natur der Sache begründete Gesetz leidet keine Ausnahme. Einige Beispiele mögen es erläutern. 1 Atom Kohlenstoff bildet mit 1 Atom Sauerstoff das Kohlenoxyd, mit 2 die Kohlensäure. Leitet man ein Gemenge von kohlensaurem Gas und überschüssigem Wasserstoffgas durch eine glühende Röhre, so entzieht der Wasserstoff unter Wasserbildung immer bloſs 1 Atom Sauerstoff, das andere bleibt vermöge überwiegender Affinität des Kohlenstoffs mit diesem zu Kohlenoxyd verbunden. Das braune Bleioxyd (PbO^2) wird in ganz dunkler Rothglühhitze unter Sauerstoffgasentwickelung zu Mennige (Pb^3O^4); in stärkerer Glühhitze schmilzt diese Mennige unter neuem Sauerstoffverlust zu gelbem Bleioxyd (PbO) zusammen; dieses jedoch verliert sein eines Atom Sauerstoff auch in der stärksten Hitze nicht, sondern verdampft als Ganzes.

Es giebt einige scheinbare Ausnahmen von diesem Gesetze; z. B. die Salpetersäure (NO^5) tritt an manche Stoffe ihren Sauerstoff nicht so leicht ab, wie die sauerstoffärmere Untersalpetersäure (NO^4). Man kennt jedoch die Salpetersäure, eben wegen der geringen Affinität des Stickstoffs zum fünften Atom Sauerstoff, nicht für sich, sondern bloſs in Verbindung mit Wasser oder Salzbasen. In der wässerigen Salpetersäure widersetzt sich die Affinität des Wassers zur Säure bis zu einem gewissen Puncte der Uebertragung ihres Sauerstoffs an andere Stoffe. So ist auch das überchlorsaure Kali ($KO + ClO^7$)

Digitized by Google

weniger leicht durch Hitze und andere brennbare Stoffe zersetzbar, als das chlorsaure ($KO + ClO^5$), wiewohl es 2 Atome Sauerstoff mehr enthält. Allein die Ueberchlorsäure ist eben wegen dieses gröſsern Sauerstoffgehalts eine stärkere Säure, als die Chlorsäure, und die gröſsere Affinität des Kali's gegen die erstere erschwert daher ihre Zersetzung. Ferner entziehn mehrere brennbare Körper, wie Phosphor, dem Stickoxydul (NO) bei niedrigerer Temperatur seinen Sauerstoff, als dem Stickoxyd (NO^2). Diese Anomalie ist von den Hindernissen abzuleiten, welche der gasförmige Zustand in verschiedenem Grade der chemischen Einwirkung entgegensetzt, wie bei den Bedingungen zur Bildung einer chemischen Verbindung (III. 1. D) auseinandergesetzt wurde. Die entgegengesetzte Erfahrung, daſs Stickoxyd durch schwefligsaure Alkalien und einige andere Stoffe seines zweiten Atoms Sauerstoff beraubt und in Stickoxydul verwandelt wird, welches durch sie keine weitere Veränderung erleidet, beweist die Richtigkeit des Gesetzes.

2) *Bei verschiedenen Stoffen.* a) Einfache Stoffe zeigen die stärksten Affinitäten gegen einander, z. B. Sauerstoff, Chlor, Brom, Iod u. s. w. gegen die meisten übrigen. Hierauf folgen die Verbindungen der ersten Ordnung, z. B. Säuren und Salzbasen. Viel schwächer sind die Affinitäten der Verbindungen der zweiten Ordnung, namentlich der Salze, gegen einander, und so nehmen die Affinitäten bis zum Verschwinden ab. Im Verhältniſs, als die Affinitäten der Elemente durch Verbindungen derselben befriedigt werden, hört ihr Bestreben, noch weitere Verbindungen einzugehn, endlich auf.

b) Je entgegengesetzter sich die Stoffe in ihren physikalischen Eigenschaften sind, desto gröſser ist im Ganzen ihre Affinität. So haben die Metalle, als sich ähnliche Körper, meistens eine geringe Affinität gegen einander, dagegen eine groſse gegen Sauerstoff, Chlor, Brom, Iod, Schwefel und andere nicht metallische Stoffe; ebenso haben die Säuren unter einander und die Salzbasen unter einander geringe Affinität, dagegen die Säuren zu den Salzbasen sehr groſse.

Digitized by Google

VI. Ursache und Wesen der Affinitätserscheinungen.

Was ist die Ursache der chemischen Verbindungen und Trennungen; welche Veränderungen gehn hierbei im Innersten der Materien vor sich? Diese Frage ist die am tiefsten in das Wesen der Materien eindringende, aber auch die schwierigste in der ganzen Chemie. Die zur Beantwortung derselben aufgestellten Hypothesen zerfallen in die atomistischen und die dynamischen.

1) Atomistische Hypothesen.

Man nimmt in der *atomistischen* oder *Corpusculartheorie* an, daſs die Materie etwas Ursprüngliches ist, und daſs dieselbe gewisse sehr kleine Theile, die *Atome, Molecüle, Partikeln, Massentheile,* bildet, die sich nicht dicht an einander legen, sondern so, daſs Zwischenräume, *Poren*, bleiben, daher ein Stück Glas, Metall und andere Körper, welche sich dem Auge völlig zusammenhängend darstellen, nicht als von der Materie gleichförmig erfüllt, sondern als ein Aggregat von Atomen und leeren Räumen zu betrachten sind. Bei der chemischen Verbindung lagern sich die Atome der heterogenen Materien dicht an einander, ohne sich zu durchdringen, es tritt nur eine *Nebeneinanderlagerung*, *Juxtaposition*, ein und das Aggregat der so gebildeten zusammengesetzten Atome, zwischen denen sich wiederum Poren befinden, stellt sich als die neue Verbindung dar. Je nach der Kraft, die zu Hülfe genommen wird, um die Aneinanderlagerung der heterogenen Atome zu erklären, ist die ältere und die neuere Atomenlehre zu unterscheiden.

a) Aeltere Atomenlehre.

Den Atomen wird keine Anziehungskraft beigelegt, sondern eine von Ewigkeit her bestehende Bewegung, vermöge deren sie, wegen ihrer Kleinheit unsichtbar, durch den Weltraum fallen, jedoch nicht in ganz paralleler Richtung, so daſs sie sich zum Theil begegnen und zu gröſseren Massen, wie zur Erde und anderen Himmelskörpern, zusammenhäufen. Diejenigen Atome, welche fortfahren, sich einzeln zu bewegen, und

so auf die Körper der Erde treffen, fallen theils ohne Wirkung durch deren Poren hindurch, theils treffen sie auf die Atome der Körper und treiben sie sowohl gegen die Erde, als gegen einander, wodurch sie die Erscheinungen der Schwerkraft, Cohäsion, Adhäsion und Affinität bewirken. Diese Lehre wurde durch Leucipp, Demokrit, Epikur, Lucrez und Lesage immer mehr entwickelt[1].

b) Neuere Atomenlehre.

Man nimmt an, daſs den Atomen selbst Kräfte innewohnen, welche ihre wechselseitige Anziehung, wie sie sich als Schwerkraft, Cohäsion, Adhäsion und Affinität äuſsert, bewirken.

1) *Beschaffenheit der Atome.* Die Atome sind nicht unendlich kleine Theile im mathematischen Sinne, sondern besitzen immer noch, so höchst klein sie auch seyn mögen, ein bestimmtes Gewicht, eine bestimmte Gröſse und eine bestimmte Form. Sie sind insofern untheilbar, als sie sich durch mechanische und andere Kräfte nicht in noch kleinere Theile trennen lassen. Daſs diese Atome äuſserst klein und einzeln selbst für unsere möglichst geschärften Sinne nicht mehr erkennbar seyn müssen, ergiebt sich aus folgender Betrachtung Ehrenberg's[2]. Es läſst sich durch mikroskopische Untersuchungen organischer Theile bei einigen direct nachweisen, daſs sie nur $\frac{1}{16000}$ Linie, und bei andern indirect, daſs sie weniger als $\frac{1}{6000000}$ Linie im Durchmesser haben. Diese Theile müssen nun noch aus mehreren Atomen organischer Substanz zusammengefügt seyn und jedes Atom dieser organischen Substanz besteht aus mehreren Atomen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und oft auch Stickstoff. Die Gröſse eines einzelnen Atoms muſs hiernach sehr gering seyn; immer aber bleibt es eine bestimmte. Gröſse und Gewicht sind bei den Atomen desselben Stoffes dieselben, dagegen bei denen verschiedener Stoffe häufig verschieden. Doch haben die Atome sämmtlicher Stoffe dieselbe Dichtigkeit, und wenn sie sich an einander lagern könnten, ohne Zwischenräume zwischen sich zu lassen, so würden alle Stoffe dasselbe specifische Ge-

1 S. Art. *Materie.* Bd. VI. S. 1395.

2 Poggendorff's Ann. XXIV. 85.

wicht zeigen, nämlich das der Atome. Bei der Vereinigung der Atome zu gröſsern Massen bleiben jedoch beträchtliche Poren, welche mit der Wärme, dem Princip der Elasticität, erfüllt sind. Bei der Zusammendrückung und Ausdehnung eines Körpers erleiden die Atome keine Verdichtung oder Ausdehnung; nur die Poren werden verengt oder erweitert.

Ueber die *Form der Atome* herrschen zwei Ansichten. Nach der einen haben die Atome die Form der Bruchstücke, welche man erhält, wenn man einen krystallisirten Körper nach seinen Blätterdurchgängen spaltet. Antimon, welches parallel mit den Flächen eines spitzen Rhomboeders spaltbar ist, zerfällt bei der Theilung in immer kleinere ähnliche Rhomboeder, und denkt man sich die Spaltung so weit fortgesetzt, als sie immer möglich ist, so würden die kleinsten so erhaltenen Rhomboeder die Atome des Antimons selbst seyn. Der Diamant, welcher in regelmäſsigen Oktaedern krystallisirt und parallel mit dessen Flächen spaltbar ist, zerfällt bei seiner ersten Spaltung in sechs regelmäſsige Oktaeder und acht regelmäſsige Tetraeder; die Oktaeder zerfallen bei jeder neuen Spaltung wieder auf dieselbe Weise; ein jedes Tetraeder ist in vier kleinere Tetraeder und ein Oktaeder spaltbar. Man hat daher den Atomen des Diamants entweder die Form des Tetraeders oder des Oktaeders zuzuschreiben. Bei krystallisirten Stoffen, die nach den Flächen des Würfels spaltbar sind, würden die Atome Würfelgestalt besitzen, und bei den nach den Flächen einer regelmäſsigen sechsseitigen Säule theilbaren die Gestalt einer regelmäſsigen dreiseitigen Säule. Nach dieser Ansicht hätten die Atome entweder die Gestalt eines Parallelepipedons (Rhomboeder, Würfel, quadratische, rechtwinklige und rhombische Säule), oder einer dreiseitigen Säule, oder eines bald regelmäſsigen, bald unregelmäſsigen Oktaeders oder Tetraeders. Diese Ansicht erklärt allerdings am leichtesten die *Krystallform* und *Blätterdurchgänge* einfacher Stoffe, stöſst jedoch bei ihrer Anwendung auf die Krystallform der Verbindungen auf groſse Schwierigkeiten. Die Atome des Wismuths z. B. haben nach dieser Ansicht die Form entweder eines regelmäſsigen Oktaeders, oder eines regelmäſsigen Tetraeders, die des Schwefels entweder die eines rhombischen Oktaeders, oder eines unregelmäſsigen Tetraeders. Aus der Verbindung von 1 Atom Wismuth und 1 Atom Schwefel entspringt der Wis-

Digitized by Google

muthglanz, dessen Durchgänge der Flächen einer geraden rhombischen Säule entsprechen und dessen zusammengesetzte Atome auch diese Form haben müſsten. Es fragt sich hier, wie durch Zusammenfügung von einem regelmäſsigen und einem unregelmäſsigen Oktaeder oder Tetraeder ein zusammengesetztes Atom von der Form einer rhombischen Säule gebildet werden kann? Ueberhaupt müssen nach dieser Ansicht die meisten zusammengesetzten Atome eine ganz complicirte Gestalt besitzen, wie sie aus der Verbindung der verschieden geformten und verschieden groſsen einfachen Atome hervorgehn. Auch widerspricht dieser Ansicht der Dimorphismus der einfachen Stoffe; bei dem in schiefen rhombischen Säulen krystallisirten Schwefel müſste eine andere Form des Schwefelatoms angenommen werden, als bei dem in rhombischen Oktaedern krystallisirten.

Wahrscheinlicher ist daher die zweite Ansicht, die zuerst von Swedenborg aufgestellt worden zu seyn scheint, dann aber von Ampère[1] bestimmter erörtert worden ist. Nach dieser besitzen alle einfache Atome Kugelgestalt; erst indem sie sich nach einer verschiedenen Zahl und unter verschiedenen Winkeln an einander lagern, entstehn Aggregate, die eine der oben genannten Gestalten besitzen und die man als *Krystallmolecüle* bezeichnen kann. So können vier Kugeln unten und vier senkrecht darüber einen Würfel bilden; ebenso drei Schichten von je neun ins Quadrat gelegten Kugeln über einander; bei einer gröſsern Zahl von Schichten über einander würde eine quadratische Säule entstehn; lägen zwei oder mehr Schichten von je 6, 8, 12 oder mehr Kugeln, die ein Rechteck bilden, über einander, so entstände eine rectanguläre Säule; 3mal 9 oder 4mal 16 Kugeln über einander, und zwar nicht senkrecht, sondern unter einem schiefen Winkel, könnten ein Rhomboeder bilden; drei Kugeln unten und eine darüber ein Tetraeder; drei Kugeln unten und drei darüber eine dreiseitige Säule u. s. f. Diese beim Krystallisiren eines Stoffs zuerst sich bildenden Krystallmolecüle fügen sich dann, indem sie sich vorzugsweise mit ihren Flächen anziehn, zu gröſseren Krystallmassen zusammen, welche nach den Richtungen, nach welchen die Zusammenfügung geschah, am leichtesten trennbar

1 Ann. de Chim. T. XC. p. 43.

Digitized by Google

sind und so die Blätterdurchgänge zeigen. Bei dieser Ansicht bleibt es allerdings vor der Hand unerklärt, warum sich die Kugeln der Stoffe je nach ihrer Natur in einer verschiedenen Zahl und unter verschiedenen, bei demselben Stoffe constant bleibenden Winkeln zu bald diesem, bald jenem Krystallmolecül vereinigen. Dafür gewährt sie am meisten Aufschluſs über den *Amorphismus* und den *Dimorphismus*. Beim Amorphismus wäre nämlich anzunehmen, daſs sich wegen zähen Flusses oder zu raschen Ueberganges eines Stoffs in den starren Zustand die Atomkugeln nicht erst zu solchen Krystallmolecülen vereinigen, sondern daſs jedes Atom von jedem andern in gleicher Entfernung bleibt, daher weder Blätterdurchgang, noch Krystallform; beim Dimorphismus, daſs sich die Atome je nach den Umständen in verschiedener Zahl und nach verschiedenen Richtungen zu Krystallmolecülen von verschiedener Gestalt vereinigen, die denn auch bei ihrer Aneinanderlagerung Krystalle von verschiedener Form und verschiedenem Blätterdurchgange liefern müssen. Auch machen bei dieser Ansicht die zusammengesetzten Atome keine Schwierigkeit; sie sind ein Aggregat von zwei und mehr Kugeln und können sich wieder unter einander zu Krystallmolecülen vereinigen.

Bei den wägbaren Flüssigkeiten wird nach der atomistischen Theorie angenommen, daſs jedes einzelne Atom, welche Form man ihm auch nach einer der oben mitgetheilten Ansichten beilegen möge, mit einer Sphäre oder Hülle von Wärme umgeben ist, welche bei den tropfbaren Flüssigkeiten einen sehr kleinen Raum einnimmt, bei den elastischen dagegen einen so groſsen, daſs das Volumen der Atome zu dem der Wärmehüllen kaum in Betracht kommt. Aus dieser gröſsern und gleichweiten Entfernung der Atome von einander durch die Wärmehüllen sucht man die Beweglichkeit der Flüssigkeiten zu erklären. Hinsichtlich der elastischen Flüssigkeiten wurde es oben wahrscheinlich gemacht, daſs die Wärmesphären, welche die Atome verschiedener einfachen Stoffe umgeben, verschieden groſs sind, daſs sich ihr Volumen wie 1 : 3 : 6 verhält und daſs es bei einigen zusammengesetzten Atomen 12 beträgt; d. h. wenn das Volumen der Wärmehülle, welche 1 Atom Schwefel umgiebt, = 1 gesetzt wird, so ist das 1 Atom Sauerstoff, Phosphor oder Arsenik umgebende dreimal,

Digitized by Google

das 1 Atom Wasserstoff, Stickstoff, Chlor u. s. w. umgebende sechsmal und das 1 Atom Salzsäure, Ammoniak u. s. w. umgebende zwölfmal so groſs.

Für die Richtigkeit der atomistischen Theorie führt Wollaston[1] noch folgenden Beweisgrund an. Wäre die Materie unendlich theilbar, so müſste sich auch die atmosphärische Luft vermöge ihrer Elasticität ins Unendliche ausdehnen. Die Atmosphäre der Erde könnte dann nicht begrenzt seyn, sondern sie müſste sich bis zu den übrigen Himmelskörpern ausbreiten und um diese wieder Atmosphären bilden, deren Dichtigkeit der Masse und Anziehungskraft dieser Körper angemessen wäre. Daſs man am Monde keine Atmosphäre wahrnimmt, lieſse sich wohl daraus erklären, daſs dieselbe wegen der geringen Masse des Mondes sehr dünn und deshalb unbemerkbar sey. Allein auch von der Sonne und dem Jupiter, deren Massen viel beträchtlicher sind, als die der Erde, läſst es sich astronomisch beweisen, daſs sie keine Atmosphäre haben. Hieraus geht hervor, daſs die Luft nicht bis ins Unendliche theilbar ist, sondern daſs die in den obersten Regionen der Luft befindlichen Atome derselben sich bis über einen gewissen Punct hinaus nicht weiter von einander entfernen, sofern am Ende die Anziehung zur Erde und zu den Theilchen der Atmosphäre dem Ausdehnungsbestreben das Gleichgewicht hält. Gegen diesen Beweis könnte man vielleicht einwenden, daſs, auch die unendliche Theilbarkeit der Luft vorausgesetzt, am Ende mit der Ausdehnung derselben ihre Elasticität in solchem Grade abnimmt, daſs auch hier zuletzt die Anziehung der Erde die weitere Ausdehnung, womit eine immer gröſsere Entfernung von der Erde gegeben ist, hindert. Wenn man vollends mit Poisson und Dumas annimmt, daſs die äuſsersten Theile der Luft wegen groſser Kälte flüssig oder fest sind und als Schneeflocken von Stickstoff und Sauerstoff die Atmosphäre umgeben, so kann der Beweis noch weniger genügen.

2) *Chemische Verbindung.* Eine chemische Verbindung entsteht, indem sich ein oder mehrere Atome des einen Stoffes an ein oder mehrere Atome eines oder mehrerer anderer Stoffe dicht an einander lagern und somit ein zusammenge-

---

1 Philipps Ann. of philos. T. IV. p. 251.

Digitized by Google

setztes Atom bilden, und sofern sich die zusammengesetzten Atome wiederum mit einander verbinden und die so erzeugten wiederum u. s. w., wonach man, wie bei den Verbindungen, zusammengesetzte Atome der ersten, zweiten, dritten Ordnung u. s. f. unterscheiden kann. Die Atome haben mehr Neigung, sich nach einfachen, als nach complicirten Zahlen zu vereinigen, und die innigern Verbindungen des unorganischen Reichs zeigen meistens einfache Zahlenverhältnisse, während die unter Mitwirkung der Lebenskraft gebildeten organischen verwickeltere zeigen. Somit erklärt die atomistische Theorie viel genügender, als die dynamische den Grund der stöchiometrischen Gesetze. Wie man sich losere, nach veränderlichen Verhältnissen mögliche Verbindungen vorzustellen habe, z. B. die Auflösung von Säuren, Alkalien und Salzen in beliebigen Mengen von Wasser, ob hierbei diese Stoffe zuerst mit einer kleinern Wassermenge zusammengesetzte Atome von einer proportionirten Mischung bilden, welche dann von den übrigen Atomen des Wassers umgeben werden, oder wie sonst, bleibe vor der Hand unentschieden.

Nach der atomistischen Theorie ist eine chemische Verbindung als eine gleichsam ins Feinste gehende Mengung zu betrachten; es findet dabei eine Nebeneinanderlagerung der heterogenen Atome, keine wechselseitige Durchdringung der sich verbindenden Stoffe statt. Dennoch erscheint die Verbindung homogen; denn die Atome für sich, auch die zusammengesetzten, sind zu klein, als daſs sie einzeln gesehn werden könnten; das Auge erkennt nur die Massen, die aus ihrer Zusammenhäufung entstehn, und dieses Aggregat muſs sich daher dem Auge homogen darstellen.

Es entsteht nun die Frage: Durch welche den heterogenen Atomen innewohnende Kraft werden sie veranlaſst, sich zu vereinigen? Ist es dieselbe Anziehungskraft, welche sich unter andern Umständen als Schwerkraft, Cohäsion und Adhäsion äuſsert? oder ist es eine eigenthümliche Anziehungskraft, die chemische Anziehungskraft oder Affinität? oder ist es die Elektricität? Alle drei Hypothesen haben, verschieden modificirt, ihre Verfechter gefunden.

Newton äuſserte zuerst die Meinung, daſs die chemischen Verbindungen in einer Anziehung ihren Grund haben;

doch war er geneigt, nicht die allgemeine Anziehungskraft, die Schwerkraft, ſondern andere anziehende und zurückſtoſsende Kräfte, die etwa im Cubus der Entfernung abnähmen, hierbei vorauszuſetzen. Er betrachtete die Säuren als Körper, welche in hohem Grade anzögen und wieder angezogen würden, und nahm an, bei jeder Auflöſung hätten die Theilchen des ſich auflöſenden Körpers mehr Anziehung zum Auflöſungsmittel, als unter ſich.

Barchhusen belegte zuerſt dieſe bei den chemiſchen Verbindungen wirkende Anziehungskraft mit dem Namen Verwandtſchaft oder *Affinitas*, während ſie Bergman als Wohlanziehung, *Attractio electiva*, bezeichnete.

Buffon war der erſte, welcher die chemiſchen Erſcheinungen aus der allgemeinen Anziehungskraft abzuleiten ſuchte. Da die Stärke der letztern bloſs von der Gröſse der auf einander wirkenden Maſſen, nicht von ihrer Natur abhängt, während ſich bei der chemiſchen Anziehung der Stoffe, je nach ihrer Qualität, eine ſo groſse Verſchiedenheit zeigt, viele ſich gar nicht verbinden, andere mit geringer und andere mit groſser Kraft, ſo ſuchte er dieſe Verſchiedenheit durch die Annahme zu erklären, daſs die Atome verſchiedener Stoffe eine verſchiedene Geſtalt beſitzen, daſs je nach dieſer Geſtalt ihre Schwerpuncte ſich mehr oder weniger nähern können und hiernach, da die Schwerkraft im Quadrate der Entfernung abnimmt, die Anziehung verſchieden groſs ſeyn müſse. Die Geſtalt, welche bei groſsen Körpermaſſen und groſsen Entfernungen ganz unbeachtet gelaſſen werden kann, übt nach Buffon bei den ſo kleinen Atomen und der groſsen Nähe, in welcher ſie ſich befinden, wegen der mit der Geſtalt gegebenen verſchieden groſsen Nähe der Schwerpuncte einen bedeutenden Einfluſs auf die Gröſse der Anziehung aus.

Auch Bergman hielt es für möglich, daſs die Verſchiedenheiten, welche ſich in der Wirkung der allgemeinen Anziehung und der Affinität zeigen, von der Form ihrer Atome und zugleich von ihrer gegenſeitigen Stellung herrühren.

Guyton Morveau erkannte an, daſs die Annahme einer verſchiedenen Geſtalt der Atome zur Erklärung der ſo ſehr verſchiedenen Stärke der chemiſchen Anziehung nicht ausreiche, ſogar mathematiſch nicht ausführbar ſey. Dennoch

Digitized by Google

war auch er geneigt, da nach seiner oben beleuchteten Ansicht die Adhäsionsgröſse und die Affinitätsgröſse denselben Gesetzen folgt, die Affinität als eine Aeuſserung der Schwerkraft der Atome zu betrachten und zu hoffen, daſs die eigenthümlichen Abweichungen, die die Affinität zeigt, durch Entdeckung neuer Thatsachen ihre Aufklärung finden würden.

Auch Berthollet neigt sich auf die Seite derjenigen, welche in der Natur nur *eine* Anziehungskraft annehmen. Es war schon an mehrern Stellen dieses Artikels von Berthollet's Lehre die Rede; die wichtigsten Puncte derselben mögen jedoch hier im Zusammenhange folgen.

Wahrscheinlich ist die allgemeine Anziehung die Ursache der chemischen Verbindungen. Sie äuſsert sich bei ihnen verschieden, weil sie hier nicht auf Massen, sondern auf Molecüle wirkt, die sich in groſser Nähe befinden und eine verschiedene Figur, Cohäsion und Elasticität besitzen. Alle Stoffe haben gegen alle übrige Affinität; sie äuſsern sie aber nicht immer, weil oft andere Kräfte, wie Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität, vorherrschen. So ist die Cohäsion des Quarzes gröſser, als seine Affinität zum Wasser, daher er sich nicht löst, und das Quecksilber nimmt kein Wasserstoffgas auf, weil die Elasticität desselben gröſser ist, als seine Affinität zum Quecksilber. Daher kann Wärme durch Verminderung der Cohäsion und verstärkter Druck, sofern er der Elasticität entgegenwirkt, Verbindungen möglich machen, die sonst nicht erfolgen würden.

Zwei Stoffe sind vermöge ihrer Affinität an und für sich nach jedem Verhältnisse mit einander verbindbar. Daſs sich von diesem Gesetze häufig Ausnahmen zeigen, rührt von der Cohäsion und Elasticität theils der einzelnen Stoffe, theils der nach einem bestimmten Verhältnisse gebildeten Verbindung her. So löst das Wasser nur eine bestimmte Menge Salz, weil am Ende die Cohäsion desselben der Affinität das Gleichgewicht hält; ebenso bewirkt die Elasticität eines Gases, daſs es nur in einer gewissen Menge vom Wasser verschluckt werden kann, und die Elasticität des Sauerstoffgases ist der Grund, warum die Metalle nur eine bestimmte Menge Sauerstoff aufnehmen. Wenn ferner die neue Verbindung bei einem gewissen Verhältnisse eine besonders groſse Cohäsion besitzt,

z. B. die von 40 Theilen Schwefelsäure und 76,6 Theilen Baryt, so scheidet sie sich aus der wässerigen Lösung aus, entfernt sich dadurch aus der chemischen Wirkungssphäre und nimmt daher nichts mehr von dem noch überschüssig in der Flüssigkeit enthaltenen Baryt auf. Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich deshalb immer bloſs in dem Verhältnisse, daſs Wasser entsteht (das anderthalbmal schwerere Wasserstoffhyperoxyd war damals noch nicht bekannt), weil gerade hierbei die Verdichtung beider Gase zu einem Liquidum am vollständigsten erfolgt. Dieser Zustand gröſster Cohäsion tritt bei den meisten Verbindungen der Säuren mit den Salzbasen bei dem Verhältnisse ein, bei welchem sie sich wechselseitig am vollständigsten neutralisiren; bei den Verbindungen der cohärenteren Kleesäure und Weinsäure mit Ammoniak, Kali oder Natron jedoch erst in der sauren Verbindung.

Jeder Stoff hat eine oder einige hervorstechende Affinitäten, z. B. die brennbaren Stoffe gegen Sauerstoff, die Säuren gegen Alkalien. Die durch solche hervorstechende Affinitäten bewirkten Verbindungen zeigen von denen ihrer Bestandtheile sehr abweichende Eigenschaften, und oft zeigt sich hier Ausgleichung der früheren Eigenschaften oder Neutralisation; in den durch nicht hervorstechende Affinitäten hervorgebrachten Verbindungen dagegen besitzen die Bestandtheile noch die Eigenschaften, die von ihren hervorstechenden Affinitäten abhängig sind.

Die Affinitäten, auch die hervorstechenden, sind bei verschiedenen Stoffen verschieden groſs. Je weniger ein Stoff braucht, um von einem andern neutralisirt zu werden, desto gröſser ist die wechselseitige Affinität (V. d). Da z. B. (nach den neuern genauern Bestimmungen) 47,2 Theile Kali 40 Theile Schwefelsäure zur Neutralisation brauchen und 54 Theile Salpetersäure, so verhalten sich umgekehrt die Affinitäten der Schwefelsäure und der Salpetersäure zum Kali = 54 : 40. Es kommt aber bei den chemischen Wirkungen nicht bloſs die Affinitätsgröſse der Stoffe in Betracht, sondern auch die Menge, in welcher sie einwirken. Nimmt man z. B. nach Obigem an, die Affinität eines Molecüls Kali zu einem Molecül Schwefelsäure betrage 54 und die zu einem Molecül Salpetersäure 40, und setzt den Fall, daſs auf je 1 Molecül Kali 1 Molecül Schwefelsäure und 3 Molecüle Salpetersäure zugleich ein

wirken, so ist die Kraft, mit welcher sich die Schwefelsäure das Kali anzueignen sucht, = 1.54 und die der Salpetersäure = 3.40 = 120. Dieses Product der Affinitätsgröſse in die Menge des einwirkenden Stoffes nennt Berthollet die *chemische Masse.* Es nimmt daher die chemische Kraft eines Stoffes mit seiner Menge in geradem Verhältnisse zu, und ein mit geringerer Affinität begabter Stoff kann, wenn seine Menge gröſser ist, anderen mit gröſserer Affinität begabten Stoffen, die in kleinerer Menge vorhanden sind, das Gleichgewicht halten oder sie sogar übertreffen. Kommt ein Stoff A mit den zwei Stoffen B und C, welche sich beide mit A zu verbinden bestreben, in Berührung, so verbindet er sich nicht ausschlieſslich mit demjenigen, der die gröſste Affinität besitzt, auch wenn dessen Menge zur Sättigung von A hinreicht, wie dieses sonst allgemein angenommen wird, auch nicht ausschlieſslich mit demjenigen, der mit der gröſsten chemischen Masse einwirkt, sondern er vertheilt sich unter beide im Verhältnisse ihrer chemischen Masse. Wenn daher in dem eben angenommenen Falle auf je 1 Molecül Kali 1 Molecül Schwefelsäure und 3 Molecüle Salpetersäure wirken, so vereinigen sich, weil die chemische Masse der Schwefelsäure = 1.54 und die der Salpetersäure = 3.40 = 120 ist, $\frac{54}{174}$ des vorhandenen Kali's mit der Schwefelsäure und $\frac{120}{174}$ mit der Salpetersäure. Dieser Erfolg tritt ein, es werde das Kali einem Gemische von Schwefel- und Salpetersäure nach dem genannten Verhältnisse dargeboten, oder das schwefelsaure Kali der Salpetersäure, oder das mit überschüssiger Salpetersäure verbundene Kali der Schwefelsäure.

Von diesem Gesetze, daſs sich ein Stoff zwischen zwei anderen, die sich seiner zu bemächtigen streben, im Verhältnisse ihrer chemischen Massen theilt, tritt nur dann eine Ausnahme ein, wenn bei dergleichen Conflicten eine Aenderung des Aggregatzustandes vor sich geht, welche theils durch die Cohäsion, theils durch die Elasticität bald eines der einwirkenden Stoffe, bald einer sich erzeugenden Verbindung hervorgebracht wird. In solchen Fällen kann sich A ausschlieſslich mit B oder mit C vereinigen. Einige Beispiele mögen den Einfluſs der genannten Kräfte deutlicher machen.

Ein Fall, wo die Cohäsion eines der einwirkenden Stoffe bewirkt, daſs sich A ausschlieſslich mit C vereinigt, ist fol-

Digitized by Google

gender. Bringt man zu in Wasser gelöster schwefelsaurer Alaunerde Ammoniak, so theilt sich zuerst die Schwefelsäure zwischen beiden Basen im Verhältnisse ihrer chemischen Masse; indem aber hierdurch die Alaunerde einen Theil ihrer Schwefelsäure verliert, so reicht die übrige Säure nicht hin, alle Alaunerde gelöst zu erhalten; ein Theil derselben fällt daher nieder und tritt so aus der Sphäre der gemeinschaftlichen Wirksamkeit; da hiermit die Menge der noch in der Auflösung befindlichen Alaunerde und damit auch ihre chemische Masse verringert ist, so kann ihr das Ammoniak wieder einen Theil der Schwefelsäure entziehn, wodurch wieder ein Theil der Alaunerde ausgeschieden, die Menge der gelöst bleibenden Alaunerde und somit auch ihre chemische Masse verringert wird, so daſs das Ammoniak wieder Schwefelsäure entzieht und auf diese Weise so lange fortwirkt, bis es sich aller Säure bemächtigt und alle Alaunerde niedergeschlagen hat. Diese successiven Zersetzungen folgen sich so rasch, daſs die totale Zersetzung in einem einzigen Augenblicke hervorgebracht worden zu seyn scheint. Auf dieselbe Weise kann die Elasticität eines Stoffes die vollständige Zersetzung veranlassen: fügt man zu in Wasser gelöstem kohlensaurem Kali Salzsäure, so theilt sich das Kali anfänglich zwischen beide Säuren; die hierbei gebildete Verbindung von einem Theil des Kali's mit sämmtlicher Kohlensäure läſst jedoch einen Theil der nun weniger innig gebundenen Kohlensäure als Gas entweichen und sich somit aus der Sphäre der Wirksamkeit entfernen; damit nimmt die chemische Masse der Kohlensäure ab, die Salzsäure entzieht ihr eine neue Menge Kali, veranlaſst die Entwickelung einer neuen Menge Kohlensäure, und so wiederholt sich dieses, wie im vorigen Falle, bis alles Kali an die Salzsäure getreten und alle Kohlensäure entwickelt ist.

Ebenso kann die Cohäsion oder Unauflöslichkeit der neuen Verbindung die Ursache der vollständigen Zersetzung seyn. Bringt man eine Auflösung von Baryt in Wasser mit einem Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure in einem solchen Verhältnisse zusammen, daſs auf je 1 Molecül Baryt 1 Molecül Schwefelsäure und 3 Salpetersäure kommen, so vertheilt sich anfangs der Baryt zwischen den beiden Säuren nach demselben Verhältnisse, wie nach der obigen Auseinandersetzung das Kali; während jedoch das Kali mit beiden Säuren

Digitized by Google

lösliche Salze bildet, welche neben einander in der Flüssigkeit bleiben, fällt der Theil des Baryts, welcher von der Schwefelsäure aufgenommen wurde, in Verbindung mit einem Theile derselben als unlösliches Salz nieder, was somit aus der Wirkungssphäre tritt. Es bleibt nun in der Flüssigkeit aufser der Verbindung von Baryt mit Salpetersäure der Theil der Schwefelsäure, welcher von dem niederfallenden schwefelsauren Baryt nicht aufgenommen werden konnte. Diese freie Schwefelsäure entzieht dem salpetersauren Baryt im Verhältnisse der chemischen Massen eine neue Menge Baryt, welche aber sogleich wieder mit einer angemessenen Menge Schwefelsäure als unlösliches Salz niederfällt; hiermit wird wieder Schwefelsäure frei, welche wieder der Salpetersäure Baryt entzieht, und so geht diese wiederholte Entziehung und Fällung so lange fort, bis aller Baryt als schwefelsaurer niedergefallen und die Salpetersäure in freier Gestalt übrig ist. Hiermit hängt auch das oben betrachtete Berthollet'sche Gesetz zusammen. Berthollet nimmt an, dafs beim Zusammenbringen von 2 Salzen, deren Säuren sowohl als Basen verschieden sind, jedesmal 4 Salze entstehn; so liefert nach ihm eine Auflösung von salpetersaurem Kali mit einer Auflösung von schwefelsaurem Natron ein Gemisch, welches noch einen Theil dieser Salze im unzersetzten Zustande enthält und daneben salpetersaures Natron und schwefelsaures Kali. In der Regel erhält man also 4 Salze; blofs wenn eines der neu entstandenen Salze unlöslich ist, erfolgt vollständige Zersetzung der 2 alten Salze. So giebt schwefelsaures Natron mit salpetersaurem Baryt zwar anfangs auch 4 Salze, nämlich schwefelsaures und salpetersaures Natron und salpetersauren und schwefelsauren Baryt. Jedoch das eine derselben, das schwefelsaure Baryt, fällt als unlöslich nieder; es zersetzt sich nun, um das Gleichgewicht zwischen den chemischen Kräften und ihren Producten herzustellen, eine neue Menge schwefelsaures Natron und salpetersaurer Baryt, weil aber der somit neu erzeugte schwefelsaure Baryt sogleich wieder niederfällt und aus der Wirkungssphäre tritt, so geht die Zersetzung fort, bis aller Baryt an die Schwefelsäure und alles Natron an die Salpetersäure getreten ist. Folgender Fall zeigt endlich, wie die Elasticität der neuen Verbindung eine vollständige Zersetzung veranlassen kann. Beim Glühn von Eisenoxyd mit Kohle sollte

Digitized by Google

sich der Sauerstoff zwischen dem Eisen und dem Kohlenstoff im Verhältnisse ihrer chemischen Masse theilen; weil aber der an den Kohlenstoff tretende Sauerstoff Kohlenoxyd bildet, welches als Gas entweicht, und somit aus der Wirkungssphäre kommt, so entzieht die zurückbleibende Kohle dem Eisen immer wieder neue Mengen Sauerstoff, bis es völlig zu Metall reducirt ist.

Nach dieser Darlegung der Hauptzüge der Berthollet'schen Lehre möge eine kurze Beurtheilung derselben folgen.

1) Durch diese Lehre ist keineswegs die Identität der allgemeinen Anziehungskraft und der Affinität erwiesen. Berthollet nimmt selbst an, wie es die Erfahrung lehrt, daſs nicht jeder Stoff gegen jeden andern eine gleich groſse Affinität habe; er schreibt den einzelnen Stoffen theils schwächere Affinitäten gegen gewisse Stoffe, theils vorherrschende gegen andere zu und nimmt an, daſs auch letztere bei den verschiedenen Stoffen nicht gleich seyen. Wäre nun unter Affinität die Schwerkraft der einzelnen Molecüle gegen einander zu verstehn, so müſste die Anziehung oder Affinität eines Stoffes gegen jeden andern bei gleicher Gewichtsmenge gleich seyn; denn bei der Schwerkraft kommt es nicht auf die Qualität der Stoffe, sondern nur auf ihr Gewicht an. Es ist wenigstens durch Berthollet nicht nachgewiesen worden, inwiefern bei der Schwerkraft der Molecüle gegen einander ihre Qualität einen besondern Einfluſs üben und dadurch die Gesetze der allgemeinen Anziehung modificiren kann.

2) Berthollet war noch unbekannt mit der erst in neuerer Zeit vollständiger begründeten Stöchiometrie. Indem er daher annahm, zwei Stoffe könnten sich nach allen Verhältnissen vereinigen, suchte er die Erfahrung, daſs die Vereinigung meistens nur nach wenigen bestimmten Verhältnissen erfolgt, daraus zu erklären, daſs gerade bei diesen Verhältnissen die Cohäsion oder die Verdichtung oder die Elasticität der Verbindung am bedeutendsten sey. Diese Erklärung erscheint ungenügend und gezwungen. Man sieht nach ihr z. B. nicht ein, warum sich Chlorgas und Wasserstoffgas bloſs nach einem einzigen Verhältnisse verbinden, bei welchem sie ohne alle Verdichtung und Ausdehnung das salzsaure Gas erzeugen. Hier ist es also weder die Cohäsion, noch die Verdichtung, noch die Elasticität, wodurch die Verbindung bloſs nach diesem

Verhältniſse erklärlich wird. BERTHOLLET's Anhänger werden zwar sagen, daſs sich beide Gase ja nach allen Verhältniſsen miſchen laſsen, hier alſo keineswegs ein einziges Verbindungsverhältniſs statt finde. Sie müſsen aber dann wenigſtens zugeben, daſs ſalzſaures Gas, zu welchem man noch mehr Chlorgas fügt, gelb erſcheint, nach Chlor riecht, entfärbend wirkt und an Queckſilber dieſes Chlor abtritt, daſs alſo dieſes überſchüſsige Chlor, wenn es je chemiſch gebunden ſeyn ſollte, was jedoch nach der früher gegebenen Auseinanderſetzung zu verneinen iſt, doch bei weitem ſchwächer gebunden iſt, als das im ſalzſauren Gaſe enthaltene, und ſie können dann nicht erklären, warum der Waſserſtoff ſo viel Chlor, wie zur Bildung von Salzſäure nöthig iſt, höchſt innig bindet und jeden Ueberſchuſs deſselben ſo gut wie gar nicht. Aehnlich verhält es ſich mit einem Gemenge von ſalzſaurem und Waſserſtoffgas. Ebenſo hob PROUST gegen BERTHOLLET hervor, daſs ſich die meiſten Metalle mit Sauerſtoff oder Schwefel theils nur nach einem, theils nach zwei beſtimmten Verhältniſsen vereinigen, und daſs in der Regel kein Uebergang vom Minimum zum Maximum der Verbindung ſtatt findet, und ſeine genauen analytiſchen Arbeiten gaben, ihm ſelbſt noch unbewuſst, einen weſentlichen Beitrag zur Begründung der atomiſtiſchen Lehre. Durch dieſe erklärt ſich nunmehr Alles einfach aus der Annahme, daſs die Atome der verſchiedenen Stoffe das Beſtreben haben, ſich nur nach wenigen, einfachen Zahlenverhältniſsen zu vereinigen.

3) Am meiſten im Widerſtreit mit der gewöhnlichen Anſicht iſt die Behauptung BERTHOLLET's, daſs, wenn ſich die Stoffe B und C gleichzeitig den Stoff A anzueignen ſtreben, dieſer nicht ausſchlieſslich an den mit der gröſsten Affinität begabten tritt, wenn auch deſsen Menge zur Aufnahme von A hinreicht, ſondern ſich zwiſchen B und C im Verhältniſs ihrer chemiſchen Maſse theilt. Dieſe Behauptung hat nur in ſolchen Fällen einen Schein von Wahrheit, wenn die auf einander wirkenden Stoffe in einer Flüſsigkeit, wie Waſser, enthalten und wenn ſowohl ſie als auch ihre möglichen Verbindungen leicht darin löslich ſind. Welche Verbindungen in einem ſolchen flüſsigen Gemiſche vorkommen, ob AB und freies C, ob AC und freies B oder ob AB und AC, wie BERTHOLLET will, iſt in den meiſten Fällen nicht direct nach-

zuweisen. Fügt man z. B. zu in Wasser gelöster salpetersaurer Bittererde Schwefelsäure, so entsteht nach der gewöhnlichen Ansicht schwefelsaure Bittererde und die Salpetersäure wird frei; aber man kann es nicht sehn; beide Körper bleiben im Wasser zu einem Ganzen gelöst. Wollte man nun dadurch den Beweis führen, daſs man das Gemisch erkältete, wo schwefelsaure Bittererde anschieſst, so würde dieses, selbst wenn sie sich vollständig ausschiede, was aber nicht der Fall ist, nichts gegen Berthollet's Lehre beweisen, denn nach dieser wird durch die in der Kälte zunehmende Cohäsion der schwefelsauren Bittererde, welche damit aus der Wirkungssphäre tritt, die oben angegebene Ausnahme von der Regel hervorgebracht. Nach Berthollet gelten ja alle die Fälle, wo sich ein einzelner Stoff oder eine Verbindung entweder in fester oder in elastischer Gestalt aus der Flüssigkeit ausscheidet, bloſs als Ausnahmen von der Regel, durch Cohäsion oder Elasticität bewirkt, und bloſs da, wo keine Ausscheidung bemerkbar und durch die Sinne nicht wohl etwas zu ermitteln ist, findet die Regel statt, d. h. Vertheilung von A zwischen B und C nach ihrer chemischen Masse.

Uebrigens führt Dumas einen Versuch von Thénard an, welcher beweist, daſs diese Regel selbst in flüssigen Gemischen wenigstens nicht allgemein gültig seyn kann. Die Boraxsäure färbt Lackmus nicht so lebhaft roth, wie die Schwefelsäure. Fügt man nun zu einer wässerigen Lösung des schwefelsauren Natrons Boraxsäure, so müſste diese, wiewohl sie viel schwächer ist, als die Schwefelsäure, dieser nach Berthollet etwas Natron entziehn und dadurch etwas Schwefelsäure frei machen. Dennoch röthet dieses Gemisch Lackmus nur so schwach, wie es die Boraxsäure thut; man braucht aber nur einige Tropfen Schwefelsäure hinzuzufügen, um ihm die der Schwefelsäure zukommende lebhafte Röthung des Lackmus zu ertheilen. Also theilt sich das Natron nicht zwischen der Schwefel- und Boraxsäure im Verhältniſs ihrer chemischen Masse, sondern sämmtliches Natron bleibt mit der stärkeren Schwefelsäure verbunden. Ganz ähnlich, wie die Boraxsäure, verhalten sich nach Dumas die Hydrothion- und die Kohlensäure gegen das schwefelsaure Natron. Ebenso fand ich Folgendes. Lackmustinctur wird durch wässeriges Chlor augenblicklich entfärbt, durch wässeriges Iod erst nach mehreren Tagen.

Digitized by Google

Schüttelt man Iod mit wässerigem Chlornatrium, so löst es sich mit pomeranzengelber Farbe auf. Die Lösung müſste nach Berthollet Chlornatrium mit überschüssigem Chlor und Iodnatrium mit überschüssigem Iod enthalten und durch das überschüssige Chlor müſste sie die Lackmustinctur entfärben. Allein sie giebt damit nur ein grünes Gemisch (aus dem Gelb der Lösung und dem Blau der Tinctur erzeugt), welches erst beim Zusatz einer Spur Chlor gelb wird.

Versuche anderer Art, bestimmt, das Unwahrscheinliche von Berthollet's Ansichten zu zeigen, wurden von Pfaff[1] angestellt. Er zeigte, daſs weinsaurer Kalk und kleesaures Bleioxyd bei Gegenwart von Wasser durch eine solche Menge von Schwefelsäure, die genau zur Sättigung der Basis hinreicht, vollständig in schwefelsaures Salz und reine Wein- oder Kleesäure zersetzt werden. Da der weinsaure Kalk noch weniger in Wasser löslich ist, als der schwefelsaure Kalk, und da das kleesaure und das schwefelsaure Bleioxyd ungefähr gleiche Unlöslichkeit zeigen, so sollten sich die Basen zwischen den beiden Säuren theilen. Berthollet[2] erklärt die vollständige Zersetzung des weinsauren Kalkes aus dem Umstande, daſs derselbe durch die bei der Theilung überschüssig werdende Weinsäure leicht in Wasser löslich werde, daher der cohärentere schwefelsaure Kalk vorzugsweise entstehen müsse, und ebenso erklärt er auch die Zersetzung des kleesauren Bleioxyds aus seiner Löslichkeit in der überschüssig werdenden Kleesäure und in der Schwefelsäure, wiewohl die Löslichkeit in der Kleesäure höchst unbedeutend ist und eine Auflösung des kleesauren Bleioxyds in der Schwefelsäure nicht wohl gedacht werden kann.

Betrachten wir ferner solche Fälle, wo sowohl B als C, welche auf A wirken, entweder beide fest oder beide gasförmig sind. Bekanntlich zersetzt das Eisen das Chlorsilber bei Gegenwart von Wasser mit Leichtigkeit in Chloreisen, welches sich löst, und in metallisches Silber. Nach Berthollet's Lehre müſste das Chloreisen durch das Silber zersetzt werden, sowohl, weil das Eisen cohärenter ist, als das Silber, als vorzüglich, weil das Chloreisen in Wasser löslich ist, das

1 Ann. de Chim. T. LXXVII. p. 266.

2 Ebend. p. 288.

Chlorſilber nicht. Wenn Silber und Eiſen zugleich auf wäſſeriges Chlor wirken, ſo muſs zuerſt nach Berthollet's Lehre eine der chemiſchen Maſſe der beiden Metalle angemeſſene Menge von Chlorſilber und von Chloreiſen entſtehn. Da aber erſteres als unauflöslich aus der Wirkungsſphäre heraustritt, ſo muſs das noch unverbundene Silber auf das gebildete und gelöſte Chloreiſen ſo lange wirken, bis es ſämmtliches Chlor aufgenommen hat; aber gerade der entgegengeſetzte Fall tritt ein. Auch bedarf es zu der Zerſetzung des Chlorſilbers nicht des geringſten Ueberſchuſſes von Eiſen, durch welchen etwa deſſen chemiſche Maſſe unverhältniſsmäſsig vergröſsert würde. So haben auch Gay-Lussac's Unterſuchungen gezeigt, daſs ein in Waſſer unlösliches Metalloxyd ein anderes aus ſeiner Auflöſung in Säuren völlig niederſchlagen kann, z. B. Zinkoxyd oder Kupferoxyd das Eiſenoxyd, Queckſilberoxyd oder Silberoxyd, wenn ſie nur in ſolcher Menge angewandt werden, daſs ſie eben zur Sättigung der Säure hinreichen. Allerdings reiſst hierbei häufig das niederfallende Oxyd einen Theil der Säure mit ſich nieder, ein baſiſches Salz bildend, und dieſes dient den Anhängern der Berthollet'ſchen Lehre zur Ausflucht.

Auch iſt bereits oben herausgehoben worden, daſs die Salzſäure den kohlenſauren Kalk ſelbſt unter einem Drucke zerſetzt, bei welchem die Kohlenſäure tropfbar-flüſſig wird; unter dieſen Umſtänden ſollte nach Berthollet's Lehre, da der ſalzſaure Kalk löslich, der kohlenſaure unlöslich iſt und da die Kohlenſäure als in geringerer Menge den Kalk ſättigend eine gröſsere Affinität zum Kalk haben muſs, als die Salzſäure, umgekehrt die Kohlenſäure den ſalzſauren Kalk zerſetzen. Ebenſo wurde oben gezeigt, daſs die ſchweflige Säure, welche eine geringere Elaſticität beſitzt, als die Salzſäure, da ſie zur Liquefaction eines geringeren Drucks bedarf, welche mit Kalk ein unlösliches Salz bildet und nach Berthollet's Lehre eine gröſsere Affinität gegen ihn haben muſs (da 28,5 Theile Kalk 36,4 Theile Salzſäure und nur 32 Theile ſchweflige Säure zur Sättigung bedürfen), daſs dieſe ſchweflige Säure nach Berthollet's Lehre den ſalzſauren Kalk zerſetzen müſste, während gerade das Gegentheil ſtatt findet. Dieſe Erfolge ſind alſo ganz dem entgegen, was zufolge der Elaſticität der Beſtandtheile und der Cohäſion der Verbindungen nach Berthollet's Lehre eintreten ſollte, und ſie kön-

Digitized by Google

nen, da hier alle die sonst beliebten Ausflüchte wegfallen, als eine totale Widerlegung derselben gelten.

In der Lehre von den reciproken Affinitäten sind mehrere Fälle betrachtet worden, welche zwar für die Berthollet'sche Lehre zeugen sollen, es aber, wie gezeigt wurde, nur scheinbar thun und einer andern Auslegung fähig sind, namentlich die Zersetzung des in Weingeist gelösten essigsauren Kali's durch Kohlensäure. Die Berthollet'sche Ansicht von der Vertheilung eines Stoffes zwischen zwei andere im Verhältnisse ihrer chemischen Masse ist, da sie unendlich viele Verbindungen nach jedem Verhältnisse annimmt, weniger einfach, als die gewöhnliche Lehre, nach welcher sich der Stoff ausschlieſslich an denjenigen begiebt, welcher die gröſste Affinität besitzt, und welche Lehre man, da sie vorzüglich durch Bergman entwickelt wurde, als die Bergman'sche btzeichnen kann. Berthollet's Lehre von der Vertheilung ist durch nichts erwiesen, denn sie erscheint bloſs in solchen Fällen möglich, in welchen sich, weil Alles in einer tropfbaren Flüssigkeit gelöst ist, über den Zustand der Verbindungen meistens überhaupt nichts entscheiden läſst; aber auch hier ist sie durch einzelne, oben angeführte Thatsachen widerlegt. Berthollet legt zu wenig Gewicht auf die Affinitätsgröſse und zu viel auf die Menge der Stoffe, durch welche die Affinitätsgröſse soll ersetzt werden können; aber jeder Ueberschuſs des Stoffes B über die Menge hinaus, welche der Stoff A aufzunehmen vermag, ist als ganz wirkungslos zu betrachten und der Einfluſs der Menge ist auf enge Grenzen beschränkt, wie dieses in der Lehre von den reciproken Affinitäten entwickelt wurde. Ein Atom Kohlenstoff wird 2 Atome Sauerstoff mit schwächerer Kraft anziehn, als es 2 Atome Kohlenstoff thun, wo sich im erstern Falle Kohlensäure, im letzteren Kohlenoxyd erzeugt; aber mehr als 2 Atome Kohlenstoff, z. B. 100 Atome, werden nicht mehr wirken, als 2. Ebenso räumt Berthollet der Cohäsion und der Elasticität einen Einfluſs ein, der, wie die vorgelegten Thatsachen und Betrachtungen zeigen, ungebührlich hoch angeschlagen ist. Er bedurfte desselben, um in den Fällen, wo vollständige Ausscheidung erfolgt, was nach seiner Lehre eine Ausnahme von der Regel ist, dagegen nach der gewöhnlichen Ansicht das Gesetzmäſsige, eine plausible Erklärung von dieser vermeintlichen Abweichung zu geben. Dieſs nöthigte ihn

auch, einen ſchwer- oder unlöslichen Körper als auſserhalb der Wirkungsſphäre liegend zu betrachten, da er doch an allen Puncten, wo er die Flüſsigkeit berührt, auf dieſelbe einwirken muſs. Immer bleibt Berthollet das groſse Verdienſt, die Affinitätslehre ſcharfſinnig geprüft und von einer neuen Seite betrachtet und auf den Einfluſs der Cohäſion und Elaſticität bei den Affinitätsäuſserungen die Aufmerkſamkeit gelenkt zu haben.

Thomson[1] iſt ebenfalls geneigt, die Affinität als eine beſondere Aeuſserung der allgemeinen Anziehungskraft anzuſehn, ohne neue Gründe dafür anzugeben. Fourcroy[2] läſst die Sache unentſchieden. Die meiſten neueren Chemiker übergehn die Frage und nehmen wenigſtens ſtillſchweigend die Affinität als eine beſondere Kraft an, welche Anſicht vor der Hand als die richtigere gelten möchte. So lange man wenigſtens von der allgemeinen Anziehungskraft, wie ſie ſich als Gravitation äuſsert, feſtſetzt, daſs ſie nur im Verhältniſs der Maſsen wirke und daſs die Qualität der Materien auf die Stärke dieſer Anziehungskraft keinen Einfluſs ausübe, ſo iſt es ſehr ſchwer[3], die Erſcheinungen der Cohäſion und Adhäſion, und unmöglich, die der Affinität auf dieſe allgemeine Anziehungskraft zurückzuführen. Bei den chemiſchen Erſcheinungen beſtimmt vor allen Dingen die Qualität der Materie die Exiſtenz und die Stärke der Anziehungskraft, und dieſes kann nicht durch die Quantität erſetzt werden. Dazu kommt noch, daſs man auch den unwägbaren Stoffen, welche den Geſetzen der Gravitation nicht unterworfen ſind, Affinität in hohem Grade zuſchreiben muſs. Daher iſt es am zweckmäſsigſten, die Affinität als eine eigenthümliche Kraft gelten zu laſsen, es müſste denn dereinſt nachgewieſen werden, daſs auch bei der allgemeinen Anziehung die Qualität der Stoffe in Betracht kommt und daſs die bis jetzt ſogenannten Imponderabilien entweder doch Gewicht beſitzen, oder daſs die bis jetzt aus Affinitätsäuſserungen derſelben erklärten Erſcheinungen auf eine andere Weiſe zu verſtehn ſind.

Wenden wir uns nun zu den verſchiedenen *elektroche-*

---

1 Syst. de chimie, trad. par Riffault. Paris 1818. T. III. p. 2.
2 Syst. des connoiss. chimiq. T. I. p. 84.
3 S. Art. *Cohäsion*. Bd. II. S. 117.

miſchen Theorieen. Ihnen liegt meiſtens die Anſicht zu Grunde, daſs durch die Vereinigung der beiden entgegengeſetzten Elektricitäten Wärme gebildet wird. Sie unterſcheiden ſich vorzüglich dadurch, daſs ſie theils eine gemeinſchaftliche Grundkraft annehmen, die ſich bald als elektriſche, bald als chemiſche Kraft äuſsert, theils annehmen, bei den chemiſchen Verbindungen ſeyen die elektriſchen Anziehungen und die Affinitäten der wägbaren Stoffe zugleich thätig, theils die Mitwirkung der Affinitäten wägbarer Stoffe hierbei leugnen und die chemiſchen Erſcheinungen bloſs von der Anziehung der Elektricitäten gegen einander, die dann immer noch als eine Affinität zu betrachten ſeyn möchte, ableiten.

H. Davy[1] ſagt: „Körper, welche, wenn ſie vermöge ihrer kleinſten Theile wirken, chemiſche Erſcheinungen hervorbringen, äuſsern, wenn ſie als Maſſen wirken, elektriſche Wirkungen; es iſt daher nicht unwahrſcheinlich, daſs die erſte Urſache beider dieſelbe ſeyn könne und daſs dieſelbe Anordnung der Materie oder dieſelben anziehenden Kräfte, welche die Körper in die Verhältniſſe von poſitiv- und negativ-elektriſch verſetzen, d. h. welche machen, daſs ſie einander elektriſch anziehn und daſs ſie anderen Materien anziehende Kräfte mittheilen, gleichfalls ihre Theilchen anziehend machen und ſie in den Stand ſetzen können, chemiſche Verbindungen einzugehn, wenn ſie Freiheit der Bewegung haben. Es ſpricht ſehr zum Vortheil dieſer Hypotheſe, daſs Wärme und zuweilen Wärme und Licht von der Aeuſserung beider, ſowohl elektriſcher als chemiſcher, anziehender Kräfte reſultiren und daſs, wenn man die Elektricität der Körper, welche bei der Berührung in dem Verhältniſſe von poſitiv-elektriſchen Körpern zu andern ſtehn, verſtärkt, man gleichfalls ihre Kräfte, chemiſche Verbindungen einzugehn, verſtärkt, während, wenn man ſie in einen Zuſtand, welcher dem negativ-elektriſchen correſpondirt, verſetzt, ihre Kräfte zur chemiſchen Veränderung zerſtört werden.“ Davy fügt hinzu, daſs er keineswegs meine, daſs chemiſche Veränderungen durch elektriſche Veränderungen veranlaſst würden, ſondern daſs beide Erſcheinungen als *verſchiedene* zu

---

1 Elem. des chem. Theils der Naturwiſſenſchaft. Berlin 1814. S. 144.

Digitized by Google

betrachten seyen, wiewohl durch *dieselbe Kraft* erzeugt, die im einen Falle durch die Massen, im andern durch die kleinsten Theile wirkt.

Dumas entwickelt diese Ansicht von Davy folgendermaſsen. Kupfer und Schwefel, mit einander in Berührung, laden sich elektrisch; beim Erwärmen derselben steigt die Ladung bis zu einem Maximum; die in den beiden Körpern angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten erhalten eine solche Spannung, daſs sie sich verbinden; hiermit erfolgt unter Verschwinden der elektrischen Spannung Wärmeerzeugung und Verbindung der beiden Körper. Die Cohäsion hält die Theile eines gleichartigen Körpers zusammen, aber die Berührung von zwei ungleichartigen, wie Kupfer und Schwefel, entwickelt eine neue Kraft, die Elektricität, welche die gleichartigen Theile der beiden Körper zu isoliren und den ungleichartigen zu nähern strebt, und zwar um so mehr, je entgegengesetzter ihre Natur ist; bei einem gewissen Puncte überwindet die elektrische Kraft die Cohäsion, es trennen sich die gleichartigen und verbinden sich die ungleichartigen Theilchen, worauf die Materie wieder unter die Gesetze der allgemeinen Anziehung oder Cohäsion zurück tritt.

Grotthuss[1] bemerkt gegen Davy's Theorie, daſs das elektrische Verhalten der sich in Masse berührenden Körper nicht immer in Verhältniſs stehe mit dem elektrischen Verhalten ihrer in chemischer Wechselwirkung begriffenen Elementartheile, daſs sich z. B. die Kohle bei der Berührung elektronegativer zeige, als alle Metalle, während sie doch eine viel gröſsere Affinität zum Sauerstoff habe, als die meisten derselben; daſs ferner Körper, die keine oder geringe Affinität gegen einander haben, bei der Berührung oft mehr Elektricität entwickeln, als mit starker Affinität gegen einander begabte. Auf keinen Fall könne daher die Elektricität das Bedingende der chemischen Erscheinungen seyn.

Nach Ampère[2] haben die Atome eines Stoffs eine constante Elektricität, von welcher sie sich nicht zu trennen vermögen. Um jedes derselben bildet sich eine Hülle von entgegengesetzter Elektricität, welche durch die des Atoms in

1 Phys. chem. Forschungen Th. I. S. 45.
2 Poggendorff's Ann. II. 185.

Digitized by Google

der Entfernung gebunden wird. Jedes Atom Wasserstoff z.B. hält positive Elektricität innig gebunden und ist mit einer Hülle von negativer umgeben; umgekehrt verhält es sich mit den Sauerstoffatomen. Bei der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff vereinigen sich ihre elektrischen Atmosphären zu Feuer und die Atome vereinigen sich vermöge ihres entgegengesetzt elektrischen Zustandes innig zu Wasser. Bei der Zersetzung dieser Verbindung durch die Volta'sche Säule umhüllen sich die Atome wieder mit den entgegengesetzten Elektricitäten und stoſsen sich ab. Bei dieser Ansicht findet sich folgende, von Dumas hervorgehobene, Schwierigkeit: der Schwefel entwickelt Feuer bei seiner Verbindung sowohl mit Sauerstoff als mit Kupfer; im erstern Falle müſste seine elektrische Hülle negativ seyn, um mit der positiven des Sauerstoffs Feuer zu erzeugen, im letztern positiv, da die elektrische Hülle des Kupfers, welches mit Sauerstoff ebenfalls Feuer erzeugt, negativ seyn muſs.

Nach Ferré[1] verbinden sich zwei Stoffe, sofern der eine positive, der andere negative Elektricität enthält, welche sich wechselseitig anziehn. Aber bei der Verbindung der zwei Stoffe vereinigen sich die beiden Elektricitäten nicht (dann bleibt die Wärmeentwickelung unerklärt), denn sonst würden die Stoffe durch nichts mehr zusammengehalten werden, sondern die Elektricitäten bleiben bei den Atomen beider Stoffe und in wechselseitiger Spannung. Auch hier findet die so eben mitgetheilte Einwendung von Dumas ihren Platz.

Schweigger[2] scheint der Erste gewesen zu seyn, welcher annahm, die Körpertheilchen enthielten in ihren Polen die entgegengesetzten Elektricitäten, aus welcher Annahme er nicht nur die Erscheinungen der Affinität, sondern auch die der Cohäsion, Adhäsion und Elasticität zu erklären sucht. Nach seiner *krystallelektrischen Theorie* besteht alle wägbare Materie aus krystallisch geformten Theilchen, den *krystallinischen Differentialen* (welche er jedoch nicht mit den Atomen verwechselt wissen will), welche gleich dem erwärmten Turma-

1 Ann. de chim. et phys. T. XXVIII. p. 417.

2 Schweigger's Journ. V. 49. VI. 250. VII. 302. 515. VIII. 307. XI. 54. 330. 435. XIV. 510. XXV. 153. XXXIX. 214. XL. 9. XLIV. 79. LII. 67.

Digitized by Google

lin oder Boracit mit entgegengesetzt elektrischen Polen versehn sind. Je nach der Form eines solchen Differentials beträgt die Zahl der Pole 2 (bei gewissen Säulen), 6 (bei einem Oktaeder), 8 (bei einem Würfel), 12 (bei einer sechsseitigen Säule), so daſs sich die Axen der Pole im Mittelpuncte des Differentials durchschneiden. So lange ein Körper fest ist, enthalten die Pole seiner Differentiale die entgegengesetzten Elektricitäten, welche durch ihre wechselseitige Anziehung die Cohäsion des Körpers zuwege bringen. Bei den elektropositiven Stoffen, wie Metallen und Salzbasen, halten die positiven Pole mehr Elektricität, als die negativen; bei den elektronegativen Stoffen, wie Sauerstoff, Säuren, verhält es sich umgekehrt. Im tropfbaren Zustande eines Körpers ist elektrische Indifferenz der Differentialpole eingetreten, daher die leichte Verschiebbarkeit; in einem elastisch-flüssigen Körper haben alle Pole einerlei Elektricität, daher sich die Differentiale abstoſsen. Die chemische Verbindung erfolgt, indem sich die entgegengesetzten elektrischen Pole der heterogenen Differentiale anziehn. Je nach der Polzahl, die ein Differential hat, kann es eine verschiedene Zahl heterogener Differentiale an sich binden, daher die Verbindungen nur nach wenigen und bestimmten Verhältnissen erfolgen.

Die bei weitem am vollständigsten und consequentesten ausgeführte elektrochemische Theorie, die deshalb auch einer genauern Prüfung fähig ist und diese sowohl wegen der Bedeutsamkeit ihres Urhebers, als wegen des allgemeinen Eingangs, den sie in der chemischen Welt gefunden hat, am meisten erheischt, ist die *elektrochemische Theorie* von Berzelius[1]. Derselbe trennt die Verbindungen, welche im Vorhergehenden alle als chemische betrachtet wurden, in zwei Classen. Zu der ersten gehören die Auflösungen fester Körper in Flüssigkeiten, welche unter Temperaturerniedrigung erfolgen und bei welchen die sich verbindenden Körper nichts von ihrer elektrochemischen Reaction einbüſsen, z. B. Salz und Wasser. Diese Verbindungen leitet Berzelius von einer specifischen Verwandtschaft ab, da nicht alle feste Körper in allen Flüssigkeiten gleich löslich sind. Er nimmt an, daſs, nachdem die Cohäsion des festen Körpers durch eine unbe-

1 Lehrbuch der Chemie 1835. Th. V. S. 46.

kannte Modification der Affinität zerstört worden ist, die Atome dieses Körpers sich in der Flüssigkeit vertheilen und nicht bloſs ihre Poren ausfüllen, sondern sie auch unter Volumensvermehrung erweitern, bis nach vollkommener Mischung jedes Atom eines festen Körpers von einer gleichen Zahl Atome eines flüssigen umgeben ist.

Zu der zweiten Classe rechnet Berzelius diejenigen Verbindungen, welche er als die eigentlich chemischen oder elektrochemischen betrachtet und worunter alle Verbindungen zu verstehn sind, die in diesem Artikel als die innigern chemischen Verbindungen angesehn wurden. Diese erzeugen sich nach Berzelius nicht vermöge einer Affinität zwischen den sich verbindenden wägbaren Stoffen, sondern vermittelst der ihnen anhaftenden Elektricitäten. Das Atom eines jeden Stoffs hat zwei elektrische Pole; jedoch die in ihnen vorhandenen entgegengesetzten Elektricitäten sind sich nicht gleich; in dem Atome mancher Stoffe hält der eine Pol mehr negative Elektricität, als der andere Pol positive hält, und bei andern Stoffen verhält es sich umgekehrt. Es zeigt sich daher in den Atomen eine elektrische Einseitigkeit, eine specifische Unipolarität, der Unipolarität Erman's analog. Sonach zerfallen die Elemente in elektronegativere und in elektropositivere. Bei jedem Element ist jedoch das Verhältniſs zwischen beiden Elektricitäten ein anderes; der Sauerstoff hält von allen elektronegativen Stoffen am meisten negative Elektricität im einen, am wenigsten positive im andern Pole, worauf der Schwefel, dann der Stickstoff u. s. w. folgt und zuletzt der Wasserstoff, in welchem die positive der negativen beinahe gleich kommt. Das Kalium hält von allen elektropositiven Stoffen am meisten positive, am wenigsten negative Elektricität, und diese Ungleichheit nimmt bei den übrigen elektropositiven Stoffen immer mehr ab, bis zum Golde, in welchem die positive Elektricität über die negative nur noch wenig vorherrschend ist, so daſs es sich dem von allen elektronegativen Stoffen am wenigsten elektronegativen Wasserstoff zunächst anschlieſst. Demgemäſs hat Berzelius folgende elektrische Reihe der Elemente aufgestellt.

Elektronegativere: Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff, Fluor, Chlor, Brom, Iod, Selen, Phosphor, Arsenik, Chrom, Vanad,

Digitized by Google

Molybdän, Scheel, Boron, Kohlenstoff, Antimon, Tellur, Tantal, Titan, Silicium, Wasserstoff.

Elektropositivere: Gold, Osmium, Iridium, Platin, Rhodium, Palladium, Quecksilber, Silber, Kupfer, Uran, Wismuth, Zinn, Blei, Kadmium, Kobalt, Nickel, Eisen, Zink, Mangan, Cerium, Thorium, Zirconium, Alumium, Yttrium, Glycium, Magnium, Calcium, Strontium, Baryum, Lithium, Natrium, Kalium.

Bei der Verbindung eines elektronegativern Stoffs mit einem elektropositivern vereinigt sich die in ersterem vorherrschende negative Elektricität mit der im letzteren vorherrschenden positiven; bevor es jedoch zu dieser Vereinigung kommt, zeigt der erstere Stoff etwas negative, der letztere etwas positive im freien Zustande, deren Spannung in dem Maſse steigt, als sich die Stoffe der Temperatur, bei der ihre Verbindung erfolgt, immer mehr nähern. Hieraus erklärt sich die Berührungselektricität. Im Moment der Verbindung wenden sich die negativen Atompole des elektronegativern Stoffes gegen die positiven des elektropositivern. Weil nur bei flüssigem Zustande die hierzu erforderliche Beweglichkeit gegeben ist, so haben in der Regel feste Stoffe keine chemische Wirkung auf einander. Es verbinden sich nun die beiden Elektricitäten dieser Pole zu Wärme oder Feuer, womit sie verschwinden. Bei jeder chemischen Verbindung findet daher eine Neutralisation der entgegengesetzten Elektricitäten statt, durch welche Feuer auf dieselbe Weise hervorgebracht wird, wie bei der Entladung der elektrischen Säule und dem Blitze, nur daſs diese letztern Erscheinungen von keiner chemischen Verbindung (wägbarer Stoffe) begleitet sind. Jede chemische Verbindung ist daher ein elektrisches Phänomen, das auf der elektrischen Polarität der Atome beruht.

Man könnte denken, daſs die elektrische Reihe der Elemente mit der Affinitätsordnung derselben zusammenfalle, daſs z. B. der negative Sauerstoff ein gröſseres Bestreben haben müsse, sich mit dem elektropositiven Golde, Kupfer u. s. w. zu vereinigen, als mit dem ihm in der elektrischen Reihe so nahe stehenden Schwefel. Da dieses jedoch der Erfahrung zuwider ist, so nimmt Berzelius an, daſs, wiewohl in den Atomen jener Metalle die positive Elektricität des einen Pols mehr beträgt, als die negative des andern, doch die absolute

Digitized by Google

Menge der in dem einen Pole des Metallatoms vorhandenen positiven Elektricität geringer ist, als in dem einen Pole des Schwefelatoms, nur daſs dieses im entgegengesetzten Pole eine viel gröſsere Menge negative Elektricität enthält, als ein Atom der genannten Metalle, daſs also die absolute Menge der beiden Elektricitäten in den Atompolen des Schwefels viel gröſser ist, als in denen jener Metalle. Man setze beispielsweise die negative Elektricität in einem Atom der genannten Metalle = 1, die positive = 2, die negative in einem Schwefelatom = 12, die positive = 4, so besitzt hiernach der Schwefel eine höhere *elektrische Polarisation;* die in seinem positiven Pole angehäufte Elektricität kann eine gröſsere Menge negative Elektricität des Sauerstoffs neutralisiren, als die positive eines Atoms jener Metalle, daher die gröſsere Neigung des Sauerstoffs, sich mit Schwefel, als mit den gedachten Metallen zu vereinigen.

Auſserdem nimmt Berzelius an, daſs bei demselben Stoffe der Grad der elektrischen Polarisation, d. h. die absolute Menge der beiden Elektricitäten in den Atompolen, je nach der Temperatur verschieden und in der Regel bei höherer Temperatur erhöht sey. Viele Stoffe, wie Kohle, welche bei gewöhnlicher Temperatur eine sehr schwache Polarisation zu haben scheinen, erlangen in der Glühhitze eine sehr starke, daher die dann eintretende Verbindung mit Sauerstoff. Auf welche Weise die Wärme diese Polarisation erhöht, ist unbekannt. Manche Stoffe im Gegentheil, die überhaupt nur eine schwache Polarisation besitzen, zeigen diese bei niederer Temperatur oft stärker, als bei höherer, wo sie oft ganz aufhört, wie dieſs beim Golde der Fall ist.

Die elektrochemischen Eigenschaften der oxydirten Stoffe hängen fast immer von der Unipolarität des mit dem Sauerstoffe verbundenen Elementes ab. So verhält sich die Schwefelsäure gegen alle Metalloxyde elektronegativ, weil auch der Schwefel gegen alle Metalle elektronegativ ist. Dagegen verhalten sich die Oxyde des Kaliums und Zinks sehr elektropositiv, weil es auch ihr Metall ist.

Ist die elektrochemische Neutralisation einmal vor sich gegangen, so kann die Zersetzung der hierbei erzeugten chemischen Verbindung nur eintreten, wenn den Bestandtheilen

ihre frühere elektrische Polarität wieder ertheilt wird. Daſs die vereinigten Stoffe nach Verrichtung ihres entgegengesetzt elektrischen Zustandes mit einer Kraft zusammenhalten, die jeder mechanischen Trennung widersteht, rührt nicht von einer besondern inwohnenden Kraft her, sonst würde die Fortdauer der Verbindung nicht dem Einflusse der Elektricität unterworfen seyn. Aber selbst die innigste chemische Verbindung läſst sich durch Wiederherstellung der elektrischen Polarität ihrer Bestandtheile aufheben; so ist selbst das Kali durch eine schwache Volta'sche Säule bei Gegenwart von Quecksilber zersetzbar. Bei dieser Zersetzung der Verbindungen durch den elektrischen Strom verschwinden die einwirkenden Elektricitäten und die Bestandtheile nehmen ihre frühern chemischen und elektrischen Eigenschaften wieder an. Wird AB durch C in AC und B zersetzt, so muſs C eine gröſsere Intensität von elektrischer Polarität haben, als B. Hierdurch erfolgt vollkommenere Neutralisation zwischen A und C, als sie zuvor zwischen A und B statt fand, und damit Wärmeentwickelung, und B erscheint dann wieder mit seiner ursprünglichen Polarität. Ein Stoff, der sich bald als positiverer, bald als negativerer mit andern zu verbinden vermag, kann aus ersteren Verbindungen nur durch noch elektropositivere, aus letztern nur durch noch elektronegativere Stoffe ausgeschieden werden, z. B. der Schwefel aus der Schwefelsäure nur durch Stoffe, die elektropositiver, und aus Schwefelblei nur durch solche, die elektronegativer sind, als er selbst.

Nach dieser übersichtlichen Darstellung der Berzelius'schen Theorie sey es erlaubt, auf die Schwierigkeiten und dunkeln Seiten derselben aufmerksam zu machen.

1) Berzelius trennt die Verbindungen, welche man sonst alle als chemische zu betrachten pflegt, in zwei Classen; wie miſslich und wie wenig durchführbar diese Trennung sey, ist bereits im Anfange dieses Artikels ausführlich entwickelt worden. Aber auch angenommen, diese Scheidung sey möglich, so scheint es doch nicht der Natur gemäſs, für die Bildung dieser sich jedenfalls höchst ähnlichen Verbindungen zwei ganz verschiedene Ursachen anzunehmen, nämlich für die loseren Verbindungen eine specifische Affinität, für die innigern einzig und allein die elektrische Kraft. Wenn sich also 1 Atom

Schwefelsäure mit 1, 2 oder 3 Atomen Wasser verbindet, so geschieht dieses nicht vermöge der Affinität, die bei diesen Verbindungen als nicht existirend angenommen wird, sondern durch Ausgleichung der in ihnen vorhandenen entgegengesetzten Elektricitäten; wenn sich aber diese Verbindung mit noch mehr Wasser mischt, so erfolgt dieses vermöge der Affinität. Wenn nun die mit 3 Atomen Wasser verbundene Schwefelsäure Affinität gegen mehr Wasser besitzt, warum soll nicht um so mehr auch die reine und die mit 1 Atom Wasser verbundene Schwefelsäure Affinität gegen das Wasser haben?

2) Nach Berzelius kommen in jedem Atom eines Stoffs beide Elektricitäten im unverbundenen Zustande vor, im einen Pole die eine, im andern die andere, und zwar so, daſs je nach der Natur der Stoffe sowohl die absolute Menge der beiden Elektricitäten als auch die relative verschieden ist. Die Ursache dieses elektrisch-polaren Zustandes der Atome bleibt unerklärt. Was veranlaſst die beiden Elektricitäten, sich in zwei entgegengesetzten Puncten des Atoms, das man sich doch als eine homogene Masse zu denken hat, jede für sich nach bestimmten Mengen anzusammeln? Nimmt man aber auch diese elektrische Polarität ohne weitere Erklärung an, so bleibt es räthselhaft, warum diese, in den beiden Atompolen befindlichen Elektricitäten sich nicht vereinigen. Nur wenn man den Atomen, selbst der Metalle, *alle* Leitungsfähigkeit für Elektricität abspricht, ist es erklärlich. Aber auch dieses zugegeben, so müſste doch, wenn mehrere homogene Atome zu einer Masse vereinigt sind, besonders wenn sie flüssig ist, die positive Elektricität des einen Atoms sich mit der negativen des zunächst liegenden vereinigen, so daſs in der ganzen Masse nur der Ueberschuſs der einen oder andern Elektricität übrig bliebe und alle Polarisation aufgehoben wäre. Wenn man z. B. Schwefel mit Blei zusammenschmelzt, so geht nach Berzelius die Verbindung unter Feuerentwickelung vor sich, weil sich die negativen Pole der Schwefelatome den positiven der Bleiatome nähern und sich die entgegengesetzten Elektricitäten dieser Pole zu Feuer ausgleichen. Warum erfolgt diese Ausgleichung nicht auch im geschmolzenen Schwefel für sich, wo dieselbe Beweglichkeit der Theile gegeben und also auch die Anziehung der entgegengesetzten Pole und ihre elektrische Entladung ebenso möglich ist?

Digitized by Google

3) Die Erscheinung, daſs sich manche Stoffe erst in höherer Temperatur vereinigen, z. B. der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff erst in der Glühhitze, leitet Berzelius davon ab, daſs solche Stoffe erst in der höhern Temperatur elektrische Polarisation annehmen. Aber der Diamant verbrennt erst in der Weiſsglühhitze, die Holzkohle in der Rothglühhitze, und in verschiedenen organischen Verbindungen geht die Verbrennung des Kohlenstoffs schon bei gewöhnlicher Temperatur vor sich. Soll man nun annehmen, daſs die Atome eines und desselben Stoffs, je nach den Zuständen, in welchen er sich befindet, einer verschiedenen Tamperatur bedürſen, um elektrische Polarität zu erlangen? Hiermit hängt die Frage zusammen, warum der Phosphor in gewöhnlicher Temperatur das Kohlenoxydgas nicht zersetzt, da er sich in dieser Temperatur verbrennlich, also elektrisch polarisirt zeigt, während dieses nach Berzelius beim Kohlenstoff nicht der Fall ist? Ebenso bedarf Eisen im gewöhnlichen Zustande einer der Glühhitze nahen Temperatur, um den Sauerstoff der Luft aufzunehmen; man kann aber hieraus nicht schlieſsen, daſs es erst in der Hitze elektrisch polarisirt wird, denn es oxydirt sich in gewöhnlicher Temperatur bei Gegenwart von Wasser und auch ohne dieses, wenn es durch Reduction mit Wasserstoffgas in feuervertheiltem Zustande dargestellt ist. Diese leicht zu vermehrenden Beispiele beweisen, daſs in solchen Stoffen schon bei niederer Temperatur die Affinität oder, nach Berzelius, die elektrische Polarität existirt, daſs sie aber bestimmter Umstände bedarf, um sich äuſsern zu können. Es sind hiermit die in der Lehre von der Affinitätsgröſse entwickelten Gründe zu vergleichen, die es wahrscheinlich machen, daſs sich die Affinität nicht mit der Temperatur ändert. Wenn umgekehrt die Zersetzung des Goldoxyds in der Hitze daraus erklärt wird, daſs das Gold in höherer Temperatur seine elektrische Polarisation verliert, so steht hiermit im Widerspruch, daſs das Gold gerade in der Hitze mit Schwefelkalium verbindbar ist.

4) Wenn nicht die Affinität der Stoffe, sondern ihre elektrische Polarität die Ursache ihrer Verbindungen ist, so sollte man meinen, jeder Stoff, er sey einfach oder zusammengesetzt, müsse sich mit jedem andern verbinden; man sieht nicht ein, warum die in den Atompolen eines jeden Stoffes wenig-

stens bei gewissen Temperaturen vorhandenen entgegengesetzten Elektricitäten nur bei einigen Stoffen Verbindungen veranlassen, warum sich z. B. die im Quecksilber vorherrschende positive Elektricität wohl mit der negativen des Tellurs ausgleicht, aber nicht mit der des Kohlenstoffs oder Stickstoffs.

5) Da auch zusammengesetzte Stoffe, wie Säuren und Salzbasen, chemische Verbindungen eingehn, so ist auch in den zusammengesetzten Atomen elektrische Polarisation anzunehmen. Hiervon läſst sich bei Verbindungen von 2 Atomen leicht eine Vorstellung machen. In einem Atom Kali z. B. hat sich die negative Elektricität des Sauerstoffs mit der positiven des Kaliums ausgeglichen, es bleibt der positive Pol des Sauerstoffs und der negative des Kaliums unverbunden und mit Elektricität begabt, und diese beiden Pole bilden die des Kali's. Bei der Schwefelsäure dagegen treten drei negative Pole von drei Sauerstoffatomen an den positiven Pol von 1 Schwefelatom, welchem Pole man einen gewissen Umfang einzuräumen hat, damit sich die drei Sauerstoffpole daran legen und ihre Elektricität abgeben können. Das Schwefelsäure-Atom hat dann vier Pole, nämlich drei positive der drei Sauerstoffatome und einen negativen des Schwefelatoms. Wenn sich nun die Schwefelsäure mit dem Kali vereinigt, treten hier die drei positiven Pole des Sauerstoffs der Schwefelsäure an den negativen des Kaliums, oder vereinigt sich der negative Pol des Schwefels mit dem positiven des Sauerstoffs im Kali? Die Wahl wird hier schwer. Jedenfalls stellt sich die Theorie, wenn man sie so im Einzelnen durchzuführen sucht, verwickelter heraus, als sie beim ersten Anblick erscheint.

6) Bestätigt sich die Erfahrung von Faraday, daſs zur Trennung von zwei heterogenen Atomen durch den elektrischen Strom, ihre Natur sey, welche sie wolle, gleich viel Elektricität verbraucht wird, so verträgt sich mit der Berzelius'schen Theorie nicht wohl die nothwendige Folgerung, daſs bei der Verbindung von zwei heterogenen Atomen sich gleich viel positive und negative Elektricität vereinigen muſs, das eine Atom sey irgend ein Metall oder Wasserstoff und das andere sey Sauerstoff, Chlor oder ein anderer elektronegativerer Stoff. Denn nach Berzelius beruht das gröſsere Bestreben des Sauerstoffs, sich mit Kalium als mit Kupfer zu verbinden, eben darauf, daſs er an die

Digitized by Google

positive Elektricität, die ersteres Metall in gröſserer Menge enthält, mehr negative Elektricität abgeben kann.

7) Man sieht bei dieser Theorie nicht ein, durch welche Kraft die verbundenen Stoffe zusammengehalten werden. Sie zogen sich wechselseitig an durch ihren Gehalt der entgegengesetzten Elektritäten; nachdem sich aber diese bei der Vereinigung der Stoffe zu Feuer ausgeglichen haben, so sollte man meinen, die Atome müſsten auseinanderfallen und sich durch Reiben und andere Kräfte leicht trennen lassen; das erzeugte Sahwefelkupfer müſste, vermöge der von Berzelius bei Auflösungen angenommenen specifischen Affinität, an kochenden Weingeist oder Oele den Schwefel abtreten. Diese Schwierigkeit haben Dumas und Fechner auf verschiedene Weise zu heben gesucht. Dumas nimmt Folgendes an: wenn sich zwei heterogene Atome, z. B. von Sauerstoff und Wasserstoff, vereinigen, so lagert sich der negative Pol des erstern an den positiven des letztern und der positive des erstern an den negativen des letztern. Aber die Atome können bloſs die Elektricität ihres einen Pols abgeben, und bloſs auf dieser Seite erfolgt die Verbindung zu Feuer, während die Elektricitäten der andern beiden Pole, nämlich die positive des Sauerstoffs und die negative des Wasserstoffs, unvereinigt bleiben und durch ihre wechselseitige Anziehung die Atome zusammenhalten. Hier drängt sich die Frage auf, wie es sich denn mit der elektrischen Polarisation der zusammengesetzten Atome verhält; ferner, warum die Atome bloſs die Elektricität des einen ihrer Pole abgeben können, und warum denn doch ein Schwefelatom bei der Verbindung mit Sauerstoff die Elektricität seines positiven Pols abgiebt und bei der Verbindung mit Metallen die seines negativen? Fechner[1] nimmt, um die oben gedachte Schwierigkeit zu heben, eine solche Umänderung mit der Berzelius'schen Theorie vor, daſs eine neue entsteht. Nach ihm verhalten sich zwei heterogene Atome bei ihrer Berührung ebenso, wie zwei heterogene Massen. So wie bei der Berührung von Kupfer und Zink negative Elektricität in das Kupfer und positive in das Zink tritt, so nimmt auch ein Sauerstoffatom in Berührung mit einem Wasserstoffatom negative Elektricität auf und tritt positive an das letztere

1 Schweigger's Journ. Th. LII. S. 27.

ab. Dieser Uebergang der beiden Elektricitäten, *also gerade ihre Trennung*, veranlaſst die Erscheinungen des Feuers; ihre Anhäufung in den entgegengesetzten Atomen und wechselseitige Anziehung ist die Ursache des Zusammenhalts der Atome. Jedes Wasseratom ist daher als ein galvanisches Plattenpaar zu betrachten.

8) Wenn der Sauerstoff bei der Wasserbildung negative Elektricität verloren hat und der Wasserstoff positive, warum entwickelt sich bei der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom der Sauerstoff gerade da, wo die positive Elektricität in das Wasser strömt, und der Wasserstoff am negativen Pol?

9) Einwürfe, die von Berzelius angenommene elektrische Reihe betreffend, können um so füglicher übergangen werden, als sie keine wesentliche Beziehung zu der hier beurtheilten Theorie haben und als Berzelius diese Ordnung nur als eine ungefähre gegeben hat.

Zeigt die Theorie eines solchen Meisters groſse Schwierigkeiten, so steht zu erwarten, daſs auch jede andere, dem jetzigen Zustande der Wissenschaft gemäſs entworfene sehr mangelhaft werde befunden werden. Diese Betrachtung darf mich jedoch nicht abhalten, diejenige Theorie mitzutheilen, welche ich für jetzt als die wahrscheinlichste betrachte; durch Prüfung und Vergleichung verschiedener Ansichten werden wir uns immer mehr der Wahrheit nähern.

Die beiden Elektricitäten sind Materien, welche Affinität gegen einander besitzen und aus deren Vereinigung nach dem Verhältnisse, in welchem sie sich neutralisiren, Wärme (Feuer) entsteht. Sowohl die einzelnen Elektricitäten, als auch die Wärme haben bedeutende Affinität gegen die wägbaren Stoffe und werden von diesen mit um so gröſserer Kraft und um so reichlicher gebunden, in einem je einfacheren Zustande sich die wägbaren Stoffe befinden. Je nach ihrer Natur halten sie neben einer verschiedenen Menge von Wärme einen gröſsern oder einen geringern Ueberschuſs bald der positiven bald der negativen Elektricität gebunden. So enthält der Sauerstoff die meiste positive und das Kalium die meiste negative Elektricität. Die zwischen diesen beiden Extremen liegenden Stoffe halten eine gröſsere Menge von Wärme nebst einem kleineren Ueberschusse der einen oder anderen Elektricität nach einem

je nach ihrer Natur mannigfach abweichenden Verhältnisse und bilden so eine elektrische Reihe.

Die Verbindung von zwei wägbaren Stoffen wird durch zwei Kräfte bewirkt, nämlich durch die Affinität der wägbaren Stoffe gegen einander und durch die Affinität der Elektricität, welche in dem einen Stoffe in verhältniſsmäſsig gröſserer Menge enthalten ist, zu der entgegengesetzten, welche im andern Stoffe verhältniſsmäſsig vorwaltet. Durch diese beiden Kräfte wird die Affinität des elektronegativen Stoffs zu der mit ihm verbundenen positiven und die des elektropositiven Stoffs zu der in ihm vorherrschenden negativen Elektricität überwunden. Das Resultat der Verbindung ist Wärme, aus der Vereinigung der beiden Elektricitäten erzeugt, und die neue wägbare Verbindung, welche noch Wärme und etwas überschüssige positive oder negative Elektricität gebunden enthält, jedoch beides in viel geringerer Menge, als die Bestandtheile vor der Verbindung. So wie ein mit positiver Elektricität geladener Conductor, einem nicht oder negativ geladenen genähert, einen elektrischen Funken erzeugt, der aus der Verbindung eines Theils seiner positiven Elektricität mit negativer des andern gebildet wird, und nun beide Conductoren in ersterem Falle schwach negativ-elektrisch, in letzterem, je nach der Menge der im zweiten Conductor enthaltenen negativen Elektricität, sehr schwach positiv-elektrisch, nicht elektrisch oder schwach negativ-elektrisch werden, ebenso entsteht bei der Verbindung des Sauerstoffs mit einem brennbaren Stoffe Feuer aus der positiven-Elektricität des Sauerstoffs und der negativen des brennbaren Körpers, und der oxydirte Stoff hält auſser gebundener Wärme bald noch überschüssige positive Elektricität des Sauerstoffs, bald noch überschüssige negative des brennbaren Körpers, und besitzt hierdurch einen bald mehr elektronegativen, bald mehr elektropositiven Charakter. Wenn sich der Schwefel mit dem Sauerstoff vereinigt, so tritt er negative Elektricität an die positive des Sauerstoffs ab, die Verbindung hält vorzüglich die positive Elektricität des Schwefels und erhält hierdurch einen elektronegativen Charakter; vereinigt sich dagegen der Schwefel mit Kalium, so tritt er an dessen reichlich vorwaltende negative Elektricität positive ab, das Schwefelkalium hält vorzüglich die negative Elektricität des Schwefels und wird dadurch elektropositiv.

Digitized by Google

Die Zersetzung einer wägbaren Verbindung durch den elektrischen Strom ist folgendermaſsen zu erklären. Alle auf diese Weise zersetzbare Verbindungen sind schlecht leitende tropfbare Flüssigkeiten; vermöge des Widerstandes, welchen sie den einströmenden Elektricitäten entgegensetzen, veranlassen sie dieselben, sich, statt mit einander, mit den zunächst liegenden Bestandtheilen der Verbindung, gegen welche sie vorzugsweise Affinität haben, zu vereinigen. So verbindet sich die positive Elektricität gleich da, wo sie in das Wasser tritt, mit den Sauerstoffatomen zu Sauerstoffgas und die negative ebenso mit den Wasserstoffatomen zu Wasserstoffgas, und in den dazwischen liegenden Theilen des Wassers wird durch Uebereinanderschieben der Wasserstoff- und Sauerstoffatome das richtige Verhältniſs zwischen beiden Stoffen erhalten. Die hier zugleich wirkenden Affinitäten der positiven Elektricität zum Sauerstoff und der negativen zum Wasserstoff überwinden die Affinität beider Stoffe gegen einander. Es liegt kein Widerspruch darin, daſs sich das eine Mal Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser und die beiden Elektricitäten zu Wärme vereinigen, aber das andere Mal die beiden Elektricitäten das Wasser in seine Bestandtheile zersetzen. Denn da im letzteren Falle die beiden Elektricitäten durch einen schlechten Leiter getrennt sind, so kommt hier ihre wechsel-
Sch. seitige Affinität nicht mit in Betracht. Man setze z. B. die
67. Affinität der beiden Elektricitäten gegen einander $= 2$, die der positiven zum Sauerstoff und die der negativen zum Wasserstoff jede $= 5$, die des Wasserstoffs zum Sauerstoff $= 9$, so ist einzusehn, daſs bei der Wasserbildung die ruhenden Kräfte $5 + 5 = 10$ betragen und die trennenden $9 + 2 = 11$, daſs dagegen bei der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom die wechselseitige Affinität der beiden Elektricitäten $= 2$ hinwegfällt, daher ihre Affinitäten zum Sauerstoff und Wasserstoff $= 5 + 5 = 10$ die Affinität des Wasserstoffs zum Sauerstoff $= 9$ überwinden müssen. In allen Fällen, wo eine wägbare Verbindung durch den elektrischen Strom zersetzt wird, muſs daher allerdings angenommen werden, daſs die Affinität der positiven Elektricität zum einen und die der negativen zum anderen Bestandtheil *zusammen* mehr beträgt, als die der Bestandtheile gegen einander; aber die Zersetzbarkeit selbst sehr inniger Verbindungen (wiewohl

lange nicht aller) durch den elektrischen Strom beweist noch nicht, daſs alle Trennungen und Verbindungen wägbarer Stoffe bloſs durch die elektrische Kraft hervorgebracht werden.

Wird eine wägbare Verbindung durch höhere Temperatur zersetzt, z. B. das Silberoxyd durch Glühhitze in Sauerstoffgas und Silber, so ist hier anzunehmen, daſs die Affinität der Wärme zum Sauerstoff + der des Sauerstoffs zur positiven und des Silbers zur negativen Elektricität gröſser ist, als die Affinität des Silbers zum Sauerstoff + der der beiden Elektricitäten gegen einander; es zerfällt hiernach ein Theil der Wärme in ihre Bestandtheile und tritt als positive Elektricität an den Sauerstoff, als negative an das Silber. Mit den Zersetzungen Sch. 68.
wägbarer Verbindungen durch wägbare Stoffe möchte es sich endlich folgendermaſsen verhalten. Treibt in der Glühhitze das Chlor den Sauerstoff aus dem Kali aus, Chlorkalium bildend, so tritt es hierbei diejenige positive Elektricität, die es bei seiner Verbindung mit reinem Kalium an dessen negative Elektricität abgegeben haben würde, an den Sauerstoff ab, der die seinige bei seiner Verbindung mit dem Kalium verloren hatte. Sch. 69.
Wenn Kalium mit Wasser Kali und Wasserstoffgas liefert, so geht hier die negative Elektricität des Kaliums an den sich entwickelnden Wasserstoff über, der die seinige bei der Wasserbildung an die positive Elektricität des Sauerstoffs abgetreten hatte. Dasselbe findet beim Auflösen des Zinks in verdünnter Schwefelsäure statt; seine negative Elektricität tritt an Sch. 70.
das sich entbindende Wasserstoffgas. Wie sich hieraus der elektrische Strom erklären läſst, welcher sich zeigt, wenn das Zink mit einem elektronegativeren Metalle in Berührung ist, habe ich an einem andern Orte[1] auseinandergesetzt.

2) Dynamische Hypothesen.

Eine Materie, die sich unsern Sinnen als zusammenhängend darstellt, wie Glas u. s. w., ist es auch wirklich; sie besteht daher nicht aus Atomen und leeren Räumen, sondern erfüllt den Raum stetig. Die Materie ist daher an und für sich, nicht vermöge der Verengerung oder Erweiterung zwischen ihr befindlicher Poren, fähig, sowohl sich zu verdichten

1 Poggendorff's Ann. XLIV. 1.

Digitized by Google

als auch sich auszudehnen. Bei der chemischen Verbindung können sich die Stoffe durch einander bis ins Unendliche vertheilen, so daſs im kleinsten Puncte der Verbindung beide Stoffe zugleich vorkommen; die Stoffe lagern sich daher nicht an einander, sondern *sie durchdringen sich.*

a) Kant's Theorie[1].

Die Materie ist etwas für sich Bestehendes und mit zwei Kräften, der Attractivkraft und der Repulsivkraft, begabt. Sie ist ins Unendliche theilbar. Sie kann zwar durch äuſsere Gewalt zusammengedrückt werden, aber nur bis zu einem gewissen Puncte, weil mit der Verdichtung der Materie ihre Repulsivkraft zunimmt. Die Wirkung der Materien auf einander, wobei sie durch eigene Kräfte wechselseitig die Verbindung ihrer Theile ändern, ist die chemische; sie ist theils Auflösung, theils Scheidung. Eine vollkommene Auflösung würde diejenige seyn, die in ihren kleinsten Theilchen die heterogenen Stoffe in demselben Verhältnisse enthielte, wie im Ganzen; doch läſst es Kant unentschieden, ob diese jemals gebildet werde; aber denken lasse sie sich, denn wenn die auflösende Kraft immer fortwirke, so müsse die Vertheilung immer weiter gehn, bis ins Unendliche, wo dann der Raum der Auflösung von jedem der beiden heterogenen Stoffe zu gleicher Zeit gleichförmig erfüllt sey und sie sich somit durchdrungen haben.

b) Schelling's Theorie[2].

Die Materie entspringt aus dem Conflict der Attractiv- und der Repulsivkraft und ihre verschiedene Qualität beruht auf dem quantitativen Verhältnisse dieser Grundkräfte. Der chemische Proceſs findet nur bei heterogenen Stoffen statt, d. h. bei solchen, in deren einem das umgekehrte Verhältniſs der Grundkräfte ist, als im andern. Die erzeugte Verbindung ist das mittlere dynamische Verhältniſs der Grundkräfte, die beim Processe in Thätigkeit gesetzt werden, und seine Eigenschaften weichen daher wesentlich von denen der Bestandtheile ab.

---

1 Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Aufl. 3. S. 75.

2 Ideen zu einer Philosophie der Natur. Aufl. 2. 1803. S. 453.

Digitized by Google

Literatur.

GEOFFROY l'aîné des différents rapports observés en chimie entre différentes substances. Mém. de l'acad. des Sc. de Paris 1718. p. 202. 1720. p. 20.

A. MARHERR chem. Abhandl. von der Verwandtschaft der Körper. Leipzig 1764.

WENZEL Lehre von der Verwandtschaft. Dresden 1777.

T. BERGMAN de attractionibus electivis. Opuscula. Upsal. 1783. III. 291.

J. C. WIEGLEB Revision der Grundlehren von der chemischen Verwandtschaft. Erfurt 1780.

R. KIRWAN Physisch-chemische Schriften. Uebers. v. Crell. B. 1 — 5. Berlin u. Stettin 1783 — 1801.

GUYTON DE MORVEAU, Artikel *Affinité* und *Adhésion* in der Encyclopédie méthodique. Chimie, Pharmacie et Métallurgie. Paris 1786. I. p. 535. Uebersetzt von VEIT. Berlin 1794.

J. B. RICHTER Anfangsgründe der Stöchiometrie. 3 Bände. Breslau und Hirschberg 1792 — 1794.

— — Neuere Gegenstände der Chemie. Breslau. Heft. 7, 8, 9. 1796 — 98.

BERTHOLLET Recherches sur les lois de l'affinité. Paris 1801.

— — Première et seconde suite des recherches sur les lois de l'affinité. Zusammen übersetzt von FISCHER. Berlin 1802.

— — Troisième suite. Paris 1806. Uebers. in Gehlen Journ. für Chem. u. Physik. Bd. III. S. 248.

— — Essay de statique chimique. T. I. u. II. Paris 1803. Uebers. von FISCHER.

SCHNAUBERT Untersuchung der Verwandtschaft u. s. w. Erfurt 1803.

KARSTEN Revision der chemischen Affinitätslehre. Leipzig 1803.

GAY-LUSSAC über die Verbindung gasartiger Substanzen mit einander. Nouv. Bull. de la soc. philom. 1809. T. I. p. 298. Uebers. in Gilb. Ann. Th. XXXVI. S. 6.

— — sur les précipitations mutuelles des oxides métalliques. Ann. de chim. T. LXXXIX. p. 21. Uebers. in Gehlen N. allg. J. d. Chemie. Th. II. S. 487.

J. DALTON neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Uebersetzt v. WOLFF. Berlin 1812. Th. I. S. 232.

THOMSON of the Daltonian theory of definite proportions. Thoms. Ann. of philosophy. T. II. p. 32. 109. 167 und 293. T. III. p. 134 u. 375. T. IV. p. 11 u. 83. T. V.

Digitized by Google

p. 184. T. VII. p. 343. T. XII. p. 338 u. 436. T. XVI. p. 161 u. 327. Phillips Ann. of philosophy. T. I. p. 3. T. II. p. 120.

Berzelius Abhandlungen, vorzüglich die Stöchiometrie und Elektrochemie betreffend. Gilbert Ann. Th. XXXVII. S. 249 u. 415. Th. XXXVIII. S. 161. Th. XL. S. 162 u. 235.

— — Thoms. Ann. of Philosophy. T. II. p. 443. T. III. p. 51. 93. 244 u. 353; übers. in Schweigger Journ. Th. XI. S. 419. Th. XIII. S. 240. Th. XIV. S. 446. Th. XV. S. 277. Th. XXI. S. 307. Th. XXII. S. 51 u. 317.

— — Schweigger Journ. Th. XXIII. S. 98. 129 u. 277. Th. XXVII. S. 113.

— — Ann. de chim. et phys. T. XIV. p. 363. T. XVII. p. 5.

— — Poggendorff Ann. Th. VII. S. 397. Th. VIII. S. 1 u. 177. Th. XIV. S. 558. Th. XIX. S. 326. Th. XXI. S. 614. T. XXVI. S. 320. T. XXVIII. S. 388.

— — über die chemischen Proportionen und die chemischen Wirkungen der Elektricität. Dresden 1820.

— — Lehrbuch der Chemie. Ausg. 3. Dresden u. Leipz. Th. I. S. 3. Th. V. S. 3. 1833—35.

Prout on the relation between the specific gravities of bodies etc. Thoms. Ann. of philos. T. VI. p. 321.

Meinecke chemische Meſskunst. 2 Bände. Halle u. Leipzig 1815 u. 1817.

— — über die Dichtigkeit der elastisch-flüssigen Körper u. s. w. Schweigger Journ. Th. XXII. S. 137.

G. Bischof Lehrbuch der Stöchiometrie. Erlangen 1819.

Bernhardi über Krystallogenie u. s. w. Gehlen Journ. für Chemie u. Physik. Th. VIII. S. 360. Schweigger Iourn. Th. XXXII. S. 1. Th. XXXVII. S. 387. Trommsdorff N. Journ. f. Pharm. Th. VII. H. 2. S. 40. Th. IX. H. 2. S. 3.

Mitscherlich sur la relation qui existe entre la forme crystalline et les proportions chimiques. Ann. de chim. et phys. T. XIV. p. 172. T. XIX. p. 359. T. XXIV. p. 264 u. 355. Poggendorff Ann. Th. XII. S. 137. Th. XXV. S. 300. Th. XXIX. S. 193. Th. XXXI. S. 281.

— — Lehrbuch der Chemie. Aufl. 2. 1834. Th. I. S. 368 — 438.

E. Turner on the composition of chloride of baryum. Philos. Transact. 1829. p. 291.

— — experimental researches on atomic weights. Philos. Transact. 1833. p. 523.

H. Buff Lehrbuch der Stöchiometrie. Nürnb. 1829.

O. B. Kühn Lehrbuch der Stöchiometrie. Leipz. 1837.

Digitized by Google

C. G. Gmelin Einleit. in die Chemie. Tübing. 1835 — 37. Th. II. Abth. 2.

Karsten über das Verhältniſs der Mischung zur Form. Schweigger Journ. Th. LXV. S. 320 u. 394.

Emmet on the mathematical principles of chemical philosophy. Phillips Ann. of Philos. T. X. p. 372.

Osann neues Verfahren, die Atomgewichte der Körper zu bestimmen. Kastn. Archiv Th. XXII. S. 322.

N. Fuchs über Amorphismus. Schweigger Journ. Th. LXVII. S. 418. Poggendorff Ann. Th. XXXI. S. 577.

J. Dumas sur quelques points de la théorie atomistique. Ann. de chim. et phys. T. XXXIII., übers. Poggendorff Ann. Th. IX. S. 293 u. 416.

— — Leçons sur la philosophie chimique. Paris. Philosophie der Chemie, übers. v. Rammelsberg. Berlin 1839.

Th. Graham Elements of Chimistry. London 1838.

J. Persoz introduction à l'étude de la chimie moléculaire. Paris et Strasb. 1839.

G.

Vesta.

Der letzte von den im gegenwärtigen Jahrhundert entdeckten vier neuen Planeten, von denen *Ceres* am 1. Januar 1801 von Piazzi in Palermo, *Pallas* am 28. März 1802 von Olbers in Bremen, *Juno* am 1. September 1804 von Harding in Lilienthal und *Vesta* am 29. März 1807 wieder von Olbers entdeckt worden ist. Vesta ist zugleich, nach Schröter's Messungen, der kleinste von allen Planeten unseres Sonnensystems, da der Durchmesser derselben nur 50 geogr. Meilen betragen soll, so daſs demnach ihr körperlicher Inhalt in dem unserer Erde 25000 und selbst in dem unseres Mondes noch 540 Mal enthalten seyn würde. Dieses kleinen Durchmessers ungeachtet erscheint doch Vesta zuweilen äuſserst hell beleuchtet, was eine besondere Oberfläche, z. B. von spiegelnden Diamantfelsen, vermuthen läſst. Ihr Zeichen ist ⚶, wodurch der Altar der Göttin Vesta mit dem ewigen Feuer vorgestellt werden soll.

Da hier dieser sogenannten neuen Planeten zum letzten Male in diesem Werke Erwähnung geschieht, so wird es

Digitized by Google

zweckmäſsig scheinen, das bisher zu unserer Kenntniſs Gekommene kurz zusammenzustellen.

Die *mittleren Entfernungen* derselben von der Sonne oder die *halben groſsen Axen* ihrer elliptischen Bahnen sind, wenn die halbe groſse Axe der Erdbahn als Einheit vorausgesetzt wird,

Vesta . .	⚶ . .	2,3615
Juno . .	⚵ . .	2,6695
Ceres . .	⚳ . .	2,7709
Pallas . .	⚴ . .	2,7726.

Daraus folgen nach dem bekannten Kepler'schen Gesetze die *Umlaufszeiten* dieser Planeten um die Sonne:

	siderisch					tropisch . . .					synodisch		
Für Vesta	3 J.	229 T.	173 St.	8 M.		31 J.	29 T.	13 St.	9 M.		1 J.	138 T.	23 St.
- Juno	4	132	1	36	-	4	131	19	8	-	1	108	16
- Ceres	4	223	17	38	-	4	223	10	25	-	1	101	3
- Pallas	4	225	7	19	-	4	225	0	4	-	1	101	0

Die *Epochen* oder die mittleren Längen dieser Planeten für den 23. Juli 1831 im mittlern Mittag Berlins hat man

für Vesta . .	84°	47′	3″,2
- Juno . .	74	39	43,6
- Ceres . .	307	3	25,6
- Pallas . .	290	38	11,8.

Die *Excentricitäten* der Bahnen gegen die halbe groſse Axe derselben sind

für Vesta . . .	0,0886
- Juno . . .	0,2556
- Ceres . . .	0,0767
- Pallas . . .	0,2420.

Die *Länge des Periheliums* für die oben angezeigte Epoche des 23. Juli 1831 ist

für Vesta . .	249°	11′	37″
- Juno . .	54	17	12
- Ceres . .	147	41	23
- Pallas . .	121	5	0

Digitized by Google

Die *Längen des aufſteigenden Knotens* ihrer Bahnen in der Ekliptik sind

für	Vesta . .	103°	20′	28″
-	Juno . .	170	52	34
-	Ceres . .	80	53	50
-	Pallas . .	172	38	30.

Die *Neigungen* dieser Bahnen gegen die Ekliptik sind

für	Vesta . .	7°	7′	57″
-	Juno . .	13	2	10
-	Ceres . .	10	36	56
-	Pallas . .	34	35	49.

Die Verhältnisse ihrer Durchmesser, ihrer obern Flächen und ihres körperlichen Inhalts zu dem der Erde sind, nach Herschel's und Schröter's (übrigens, wie es scheint, nicht sehr verläſslichen) Messungen

	Durchmesser ..	Oberfläche ..	Volumen
für Vesta . .	0,03 . .	0,001 . . .	0,00005
- Juno . .	0,18 . .	0,03 . . .	0,005
- Ceres . .	0,20 . .	0,04 . . .	0,008
- Pallas . .	0,26 . .	0,07 . . .	0,017,

woraus die Durchmesser dieser Planeten in geographischen Meilen folgen

für Vesta . .	50
- Juno . .	300
- Ceres . .	340
- Pallas . .	450.

Ebenso findet man für die Entfernungen dieser Planeten von der Sonne in geograph. Meilen

	Mittlere . . .	Gröſste . . .	Kleinste
für Vesta . .	48803000 . .	53127000 . .	44479000
- Juno . . .	55168000 . .	69268000 . .	41068000
- Ceres . . .	57263000 . .	61654000 . .	52872000
- Pallas . . .	57298000 . .	71165000 . .	43431000

und für ihre Entfernungen von der Erde in Millionen geogr. Meilen

Digitized by Google

	Mittlere	Gröſste	Kleinste
für Vesta . .	48	74 . .	23
– Juno . .	55	90 . .	20
– Ceres . .	56	82 . .	31
– Pallas . .	57	92 . .	22.

Aus diesen Angaben folgt zuerst die auffallende Kleinheit dieser Himmelskörper. Der Durchmesser derselben in geographischen Meilen beträgt bei der Vesta 50, bei Juno 300, bei Ceres 340 und bei der Pallas 450 solcher Meilen, während der der Erde 1720 und der des Mondes 454 M. ausmacht. Die Oberfläche der Erde hat 9282000, die des Monds 647000 und die der Vesta nur 9300 geographische Quadratmeilen. Auf der Vesta würde daher ein Reisender, der täglich sechs Meilen zurücklegt, in zwei Wochen schon seine Antipoden besuchen und in einem Monate die sogenannte Reise um die Welt machen können.

Das zweite Auffallende bei diesen neuen Planeten ist die nahe Uebereinstimmung ihrer Umlaufszeiten, also auch ihrer mittleren Distanzen von der Sonne. Während alle andere Planeten durch sehr groſse Zwischenräume von einander getrennt sind, sieht man die Bahn dieser vier Planeten in einen sehr kleinen Raum des Himmels eingeschlossen und die Ringe, welche sie bilden, beinahe in einander geschlungen, so daſs sie sich demnach unter günstigen, für sie selbst vielleicht sehr ungünstigen Verhältnissen einander sehr nahe kommen und selbst leicht auf einander stoſsen können, wenn einmal in der Folge der Zeiten ihre Elemente durch die Einwirkung der Säcular-Störungen gröſsere Veränderungen werden erlitten haben.

Es ist wahrscheinlich, daſs sich in dem sehr groſsen Zwischenraume von Mars bis Jupiter noch mehrere solcher kleinen Planeten befinden, die wir aber bisher nicht bemerkt haben und vielleicht noch lange unter den viel kleinen Fixsternen übersehn werden. Olbers hat die Ansicht aufgestellt, daſs diese kleinen Planeten vielleicht nur Trümmer eines anderen groſsen sind, der durch die Wirkung innerer Kräfte geborsten oder durch den Anstoſs eines äuſsern Körpers zersprengt worden seyn könnte. Der jüngere Herschel, der diese Ansicht nicht gelten lassen will, macht dabei die Be-

Digitized by Google

merkung: *This may serve as a specimen of the dreams, in which astronomers, like other speculators, occasionally and harmlessly indulge.* Allein ein anderer Schriftsteller, Lichtenberg in Göttingen, ist der Meinung, daſs man die Leute und das, was in ihnen ist, oft sehr gut aus ihren Träumen erkenne. Der hier in Rede stehende Traum, wenn er einer ist, verhalf dem, der ihn geträumt hat, zur Entdeckung der Vesta. Olbers hatte nämlich schon früher bemerkt, daſs Juno, Ceres und Pallas, da sie beinahe dieselbe mittlere Entfernung von der Sonne haben, auch einander immer sehr nahe kommen müssen, so oft ihre Knoten nahe in dieselbe Himmelsgegend fallen, wie dieses z. B. mit Ceres und Pallas in etwa 300 Jahren der Fall seyn wird und auch in frühern Zeiten ohne Zweifel schon oft gewesen ist. Ein solches Zusammentreffen spricht allerdings für einen gemeinschaftlichen, dem oben erwähnten vielleicht ähnlichen Ursprung, und dieses leitete ihn daher auf die Idee, noch andere solcher Planeten in derjenigen Gegend des Himmels aufzusuchen, wo diese Vereinigung der Knoten statt haben kann, wofür er den nördlichen Flügel der Jungfrau und den ihm entgegengesetzten Punct an dem hintern Ende des Wallfisches angegeben hatte. Er munterte daher die Astronomen auf, diese Gegenden fleiſsig zu durchsuchen, und indem er diesen seinen Rath selbst eifrig befolgte, war er, der schon früher die Pallas entdeckt hatte, so glücklich, auch noch die Vesta zu finden. Dieser Fund war daher nicht, wie so viele andere, bloſs dem blinden Zufalle zuzuschreiben, sondern das Glück wurde durch Ueberlegung herbeigeführt, und es läſst sich darauf mit Recht die schöne Stelle des alten Dichters anwenden:

Οὐ τύχης, οὐκ ἀρετῆς, ἀλλ' ἀρετῆς εὐτυχομένης.

Nicht dem Glücke, nicht dem Verdienst, sondern dem glücklichen Verdienst.

Wie wir oben gesehn haben, so sind besonders von zweien dieser Planeten die Excentricitäten ihrer Bahnen sehr groſs, wodurch sie den langgestreckten elliptischen Bahnen der Kometen ähnlich werden. Bei Juno und Pallas beträgt diese Excentricität schon den vierten Theil ihrer mittlern Entfernung von der Sonne, während sie z. B. bei der Erde nur den zweihundertsten und bei der Venus noch nicht den einhun-

dertsten Theil ihrer mittlern Entfernung beträgt. Ebenso ungewöhnlich groſs sind die Neigungen ihrer Bahnen gegen die Ekliptik, bei der Juno 13 und bei der Pallas sogar 34½ Grade. Dadurch hat der alte Thierkreis seine Bedeutung verloren, da er, dessen Breite nur 47 Grade betrug, jetzt 67 Grade haben müſste, wenn er noch die Zone in sich begreifen sollte, welche die Planeten, von der Sonne gesehn, nicht überschreiten. Eigentlich sollte man aber die Längen dieser Bahnen nicht gegen die Ekliptik, sondern gegen den Sonnenäquator betrachten, da sie, nach Laplace's sinnreicher Hypothese, wahrscheinlich alle in der Nähe dieses Aequators entstanden sind. Wenn man die bekannten Knotenlängen und Neigungen dieser Bahnen in Beziehung auf die Ekliptik mit der Länge des aufsteigenden Knotens des Sonnenäquators, die gleich 257° 50′ ist, und mit der Neigung dieses Aequators gegen die Ekliptik, die 7° 15′ beträgt, vergleicht, so findet man durch die bekannten Vorschriften der sphärischen Trigonometrie folgende Resultate:

	Rectascension des aufsteigenden Knotens der Bahn		Neigung der Bahn	
	gegen den Sonnenäquator			
für Mercur . . .	316°	51′	. . . . . 2°	54′
- Venus . . .	242	45	 4	9
- Erde . . .	248	0	 7	30
- Mars . . .	254	21	 5	50
- Vesta . . .	180	33	 4	28
- Juno . . .	197	3	 16	28
- Ceres . . .	208	43	 3	43
- Pallas . . .	182	19	 37	8
- Jupiter . . .	242	5	 6	24
- Saturn . . .	231	12	 5	57
- Uranus . . .	247	30	 6	44

Man sieht hier noch deutlicher die geringe Differenz der Knoten und die groſsen Neigungen ihrer Bahnen, besonders bei Juno und Pallas. Diese groſsen Excentricitäten und Neigungen haben die vier neuen Planeten auch in einer andern Beziehung den Astronomen sehr interessant gemacht. Man weiſs, daſs wir das schwere und verwickelte Problem der drei Körper, d. h. daſs wir die Störungen, welche die Planeten unter

Digitized by Google

einander erleiden, nur *annähernd* auflösen können, indem wir die sich ergebenden Ausdrücke, die in geschlossenen Formen für unsere Analysis ganz unbrauchbar sind, in Reihen entwickeln und von diesen Reihen nur die ersten Glieder betrachten. Glücklicherweise nämlich sind die meisten dieser Reihen sehr convergent, man kann daher die spätern, viel kleineren Glieder derselben ohne bemerkbaren Nachtheil ganz weglassen. Diese Convergenz und sonach die Möglichkeit unserer Auflösung jenes Problems ist aber eine unmittelbare Folge der Einrichtung der Natur, nach welcher die Excentricitäten und die Neigungen der älteren Planetenbahnen sämmtlich nur sehr klein sind. Bei den vier neuen Planeten aber ist dieses, wie wir so eben gesehn haben, nicht der Fall, jene Reihen lassen sich daher auch für sie nicht mehr gebrauchen, wenn man nicht eine groſse Anzahl ihrer ersten Glieder berücksichtigt, wodurch jedoch der eigentliche Vortheil, den eben diese Reihen gewähren sollen, wieder zerstört werden würde. Wir sind daher gezwungen, auf andere Mittel zu denken, um jene Approximationen noch weiter treiben zu können, und dieses wird daher für die Geometer eine Veranlassung seyn, ihre bisherigen Methoden zu erweitern und zu vervollkommnen, um dadurch die Geheimnisse des Himmels näher kennen zu lernen.

Da diese kleinen Himmelskörper dem gröſsten Planeten unseres Sonnensystems, dem Jupiter, zuweilen sehr nahe kommen, so erleiden sie von demselben auch sehr groſse *Störungen*. Dieser Umstand giebt ein Mittel, durch einen Schluſs rückwärts die Masse des Jupiter mit groſser Genauigkeit zu bestimmen. Bisher ist die Masse dieses Planeten nur mit Hülfe seiner vier Satelliten bestimmt worden. Es war daher auffallend, daſs dieser neue Weg, den man zu demselben Ziele gefunden hatte, zu einer von jener ersten beträchtlich verschiedenen Massenbestimmung Jupiters führte. Die Astronomen wurden durch diese Verschiedenheit längere Zeit hindurch in nicht geringe Verlegenheit gesetzt, bis endlich Airy die gröſsten Elongationen der Jupiterssatelliten durch seine eigenen Beobachtungen genauer zu bestimmen suchte, als dieses Pond zu Newton's Zeiten gethan hat, und nun zeigte sich die gewünschte Uebereinstimmung sofort, da die Masse Jupiters, wie sie aus seinen Satelliten und aus seinen Störungen

Digitized by Google

der neuen Planeten folgte, sehr nahe dieselbe war. Santini in Padua hat seitdem diese Beobachtungen der Satelliten wiederholt und ebenfalls sehr nahe mit Airy übereinstimmende Resultate gefunden.

Noch wollen wir der sonderbaren Verschiedenheiten gedenken, unter denen sich diese vier Planeten den Beobachtern häufig darstellen. Es ſiel schon gleich nach ihrer Entdeckung auf, daſs sie, ihrer Kleinheit und Entfernung ungeachtet, doch häufig in so hellem Lichte erscheinen. Ceres insbesondere zeigt häufige Abwechselungen in ihrem Glanze. Zuweilen erscheint sie sehr hell und meistens in einem röthlichen Lichte, so daſs man sie auch wohl mit freien Augen sehn kann, meistens aber erblickt man sie nur in einem schwachen, weiſslichen Lichte, wo sie dann bloſs durch Fernröhre sichtbar ist. Noch auffallender ist aber der Lichtwechsel der Vesta. Obschon dieser Planet bei weitem der kleinste unter diesen vier Asteroiden, wie sie Herschel genannt hat, ist, so hat er doch meistens ein sehr lebhaftes, den Fixsternen ähnliches Licht, und unter günstigen Verhältnissen erscheint er selbst dem freien Auge als ein Fixstern der sechsten Gröſse, eine Eigenheit, die, wie schon oben bemerkt, wahrscheinlich in der besondern Constitution seiner Oberfläche ihren Grund hat. Zuweilen sieht man sie auch mit einer Dunsthülle umgeben. Bei Ceres und Pallas scheint sich diese Atmosphäre derselben oft über hundert Meilen von ihrer Oberfläche zu erstrecken, wo sie dann, nach Art mancher Kometen, in einen dichten Nebel eingehüllt sind, der ihren eigentlichen Kern ganz unsichtbar macht, während sie wieder zu andern Zeiten scharf begrenzt und in dem reinsten Fixsternlichte zu glänzen scheinen. Es ist möglich, daſs auf der Oberfläche dieser vielleicht noch nicht ganz ausgebildeten Himmelskörper sehr bedeutende Aenderungen vor sich gehn, gegen welche unsere Stürme und Ueberschwemmungen nur sehr gering zu achten sind.

L.

Vibrationssystem, s. Undulationstheorie.

Digitized by Google

Vollmond.

Plenilunium; Pleine Lune; *Full moon*, die völlig erleuchtete Mondscheibe oder auch die Zeit, wo wir den Mond ganz beleuchtet sehn. Der Mond scheint uns aber dann ganz beleuchtet, d. h. in der Geſtalt einer ganzen hellen Kreisſcheibe, wenn er der Sonne gerade gegenüber steht, so daſs er demnach seine von der Sonne eben beleuchtete Hälfte ganz der Erde zuwendet[1]. Wenn also der Mond voll ist, so geht er auf, wenn die Sonne untergeht, und unter, wenn die Sonne aufgeht. Da er zu dieser Zeit zugleich in der Richtung der Schattenaxe der Erde steht, und da diese Axe viel gröſser ist, als der Halbmesser der Mondbahn, so müſste der Mond auch bei jedem Vollmonde in diesem Schatten stehn oder eine *Mondfinsterniſs* erleiden. Dieses ist aber nicht immer der Fall, obschon allerdings eine Mondfinsterniſs, wenn sie sich wirklich ereignet, nur zur Zeit des Vollmonds statt haben kann. Die Ursache dieser Ausnahme ist die *Breite* des Monds. Dieser Himmelskörper geht nämlich in einer nahen kreisförmigen Bahn um unsere Erde, aber die Ebene dieser Bahn liegt nicht in der Ekliptik, in welcher doch die erwähnte Schattenaxe immer liegen muſs, sondern sie ist gegen die Ekliptik um den Winkel von 5° 8′ 47″ geneigt, und so kommt es, daſs der Mond zur Zeit des Vollmonds, wo er durch jenen Schatten gehn sollte, über oder unter ihm vorbeigeht und daher nicht verfinstert wird. Die Astronomen haben über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Mondfinsterniſs folgende einfache Vorschrift aufgestellt. Ist zur Zeit des Vollmonds der Abstand des Mondmittelpuncts von einem seiner Knoten kleiner, als 9° 31′, so hat für diesen Vollmond gewiſs eine Mondfinsterniſs statt; ist aber dieser Abstand gröſser, als 12° 4′, so ist für diesen Vollmond eine Finsterniſs unmöglich. Zwischen diesen beiden Grenzen ist eine Mondfinsterniſs möglich, und man muſs daher für diesen Fall durch eine vorläufige Rechnung auffinden, ob auch in der That eine Finsterniſs statt haben kann, ehe man daran

1 S. Art. *Phasen*. Bd. VII. S. 466.

Digitized by Google

geht, sie mit Genauigkeit zu berechnen. Der kleinste und gröſste mögliche Vollschattenkegel der Erde hat die Länge von 182410 und 188640 geographischen Meilen, während die mittlere Entfernung des Monds von der Erde 51800 Meilen beträgt, also mehr als dreimal kleiner ist, als jene Schattenaxe, daher der Mond, wenn er zur Zeit der Opposition nur nahe genug bei der Ekliptik ist, immer ganz in den Schatten der Erde treten muſs, in welchem er selbst unter den günstigsten Verhältnissen mehrere Stunden verweilen kann. Nicht so ist es bei den Sonnenfinsternissen, die zur Zeit des Neumonds statt haben und entstehn, wenn der Mond seinen Schatten auf die Erde wirft. Der kleinste und gröſste Vollschattenkegel des Monds beträgt nämlich nur 49400 und 51110 Meilen, sonach kann, selbst im günstigsten Falle, die Erde nur von der Spitze dieses Mondschattenkegels getroffen und nie ganz von ihm verfinstert werden. Ja zuweilen trifft dieser Schattenkegel die Erde nicht einmal mit seiner Spitze, dann sieht auch kein Theil der Erde eine *totale Sonnenfinsterniſs*, aber wohl haben dann diejenigen Bewohner der Erdfläche eine *ringförmige Sonnenfinsterniſs*, die in der Richtung dieser Schattenaxe des Mondes liegen.

Aus dem Vorhergehenden folgt zugleich, daſs die Sonnenfinsternisse immer nur auf einem gewissen Theile der Oberfläche der Erde sichtbar sind, während die Mondfinsternisse häufig den ganzen Mond verfinstern, so wie, daſs die Sonnenfinsternisse im Allgemeinen in Beziehung auf alle Puncte der Erde viel häufiger seyn müssen, als die Mondfinsternisse. Im Mittel fallen in 18 Jahren 41 Sonnenfinsternisse und nur 29 Mondfinsternisse auf der Erde vor. Aber für einen bestimmten Ort, z. B. für Paris, sind umgekehrt die in dieser Stadt sichtbaren Sonnenfinsternisse fast dreimal seltener, als die des Mondes. Man kann im Mittel annehmen, daſs jeder bestimmte Ort der Erde in zweihundert Jahren erst eine totale und alle zwei Jahre irgend eine partiale Sonnenfinsterniſs zu sehn bekommt. Anders verhält sich dieses auf den übrigen Planeten, die, wie Jupiter, Saturn und Uranus, ebenfalls mit Monden versehn sind. Unser Mond macht nahe 12½mal seinen Weg um die Erde in der Zeit, in welcher die Erde einmal um die Sonne geht. Jene anderen Monde aber machen oft mehrere hundert, der innerste Saturnsmond sogar

11000 Umläufe um ihre Hauptplaneten, während dieser nur einmal um die Sonne geht. Auch zeigt sich jenen Monden der Hauptplanet unter einem 400- bis 800mal gröſsern Durchmesser, als die Sonne, während die Bewohner unseres Mondes die Erde nur 3½mal im Durchmesser gröſser sehn, als die Sonne. Endlich sind auch die Bahnen jener anderen Monde viel weniger gegen die Ebene des Aequators ihres Hauptplaneten geneigt, als dieses bei unsern Satelliten der Fall ist. Alles dieses trägt dazu bei, daſs auf jenen Planeten die Finsternisse viel häufiger sind, als bei uns. So sieht z. B. Jupiter im Laufe eines seiner Jahre (d. h. in nahe zwölf unserer Jahre) nahe 4500 Mond- und nahe ebenso viele Sonnenfinsternisse, während unser Mond deren nur zwei- oder drei im Jahre giebt.

Man hat schon öfter selbst von solchen Menschen, die sich sonst wenig um die Erscheinungen des Himmels zu kümmern pflegen, die Bemerkung gehört, daſs der Mond zur Zeit des Vollmonds im Winter sehr hoch und im Sommer sehr tief am Himmel steht, wenn er eben durch seinen Meridian geht. Die Sonne steht bekanntlich Mittags im Winter sehr tief und im Sommer sehr hoch, dort z. B. 18 und hier 65 Grade über dem Horizonte von Wien. Der Mond aber ist zur Zeit des Vollmonds der Sonne gerade gegenüber, also muſs er auch, selbst wenn er sich wie die Erde in der Ekliptik bewegte, im Sommer sehr tief und im Winter sehr hoch stehn. Wenn nämlich seine Bahn mit der Ekliptik zusammenfiele, so müſste er zur Zeit des Vollmonds im Winter in der Höhe von 65 und im Sommer in der Höhe von 18 Graden culminiren. Allein seine Bahn ist gegen die Ekliptik um 5,1 Grade geneigt und um diese 5,1 Grade kann seine mittägige Höhe noch vermehrt oder vermindert werden. Nimmt man die Schiefe der Ekliptik zu $23^\circ,5$ und die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik zu $5^\circ,1$, so hat man, wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn mit dem Frühlingspuncte zusammenfällt, für die gröſstmögliche nördliche oder südliche Declination des Mondes $23^\circ,5 + 5^\circ,1 = 28^\circ,6$, fällt aber jener Knoten der Mondbahn in den Herbstpunct, so ist die gröſste nördliche oder südliche Declination des Monds $23^\circ,5 - 5^\circ,1 = 18^\circ,4$. Fällt endlich der aufsteigende Knoten der Mondbahn in die beiden Solstitien, so ist die gröſste nördliche oder südliche Declination des

Mittel aus jenen beiden oder nahe 23°,5, so daſs also die beiden Extreme seiner mittägigen Höhen im Sommer und Winter in Wien auf

$$18°,4 - 5°,1 = 13°,3$$

und

$$65°,4 + 5°,1 = 70°,5$$

steigen können, und diese Differenzen sind allerdings der Art, daſs sie auch dem gemeinen, unaufmerksamen Manne, wenn sie sich oft wiederholen, endlich auffallen müssen[1].

L.

Volumen.

Volumen oder körperlicher Inhalt; *Volumen;* Volume; *Volume.*

So wird in der Geometrie und in der Physik der Raum genannt, den ein Körper einnimmt. Gemessen oder bestimmt ausgedrückt wird derselbe gewöhnlich durch das Volumen des seiner Gestalt nach einfachsten Körpers, d. h. durch den Würfel (Cubus), dessen Kante eine bestimmte Länge, z. B. einen Zoll, einen Fuſs u. s. w. hat, wo dann dieser Würfel ein Kubikzoll, ein Kubikfuſs u. s. w. genannt wird. Eine Kugel hat demnach z. B. das Volumen von drei Kubikfuſs, wenn sie ebenso viel Raum einnimmt, als ein Würfel, dessen jede Kante ein Fuſs oder dessen jede Seite ein Quadratfuſs ist, dreimal genommen einnehmen würde. Dabei wird auf die unendlichkleinen Zwischenräume oder Poren, die sich höchst wahrscheinlich in allen natürlichen Körpern finden, nicht geachtet, sondern das Volumen dieser, so wie der geometrischen Körper, wird so bestimmt, als ob sie keine solchen Zwischenräume in ihrem Innern enthielten. Die zuweilen noth-

1 Ein Mittel, die Tage eines jeden Monats von einem gegebenen Jahre zu finden, auf die ein Neu- oder Vollmond fällt, geben die Tafeln, die v. Zach in seiner Correspondance astronomique. Vol. XI. p. 120. mitgetheilt hat. Man findet sie im Auszuge, mit Erläuterungen und Beispielen versehn, in Littrow's Calendariographie. Wien 1828. S. 248. 529., worauf wir hier wegen Mangels an Raum verweisen.

Digitized by Google

wendige Rückſicht auf dieſe Zwiſchenräume oder überhaupt auf das Innere der Körper führte auf den Begriff der *Maſſe* oder der *Dichtigkeit*. Zwei gleichgroſse Würfel von Blei und Holz haben einerlei Volumen, aber der erſte hat, wenn man ihn wägt, eilfmal mehr *Gewicht*, als der zweite, und daraus ſchloſs man ſofort, daſs er auch eilfmal ſo viel Maſſe haben werde, wobei man es unentſchieden läſst und wohl auch laſſen muſs, ob dieſes gröſsere Gewicht von engeren Zwiſchenräumen der Elemente des Bleis oder von einem gröſsern Gewichte dieſer Elemente ſelbſt, die Volumina derſelben gleich geſetzt, kommen möge. Dieſes Gewicht ſetzt man dem eigentlichen Betrage des materiellen Stoffes oder der *Maſſe* jedes Körpers proportional. Da nun der Erfahrung gemäſs bei einem gleichartigen (homogenen) Körper das Gewicht deſſelben mit dem Volumen gleichförmig ab- und zunimmt, oder da bei allen ſolchen Körpern das Gewicht, alſo auch die Maſſe derſelben, dem Volumen proportional iſt, ſo hat man

$$M = a . V,$$

wo M die Maſſe und V das Volumen des Körpers, a aber eine für jeden beſondern homogenen Körper conſtante Gröſse bezeichnet. Dieſe Conſtante wurde auch bei demſelben Volumen für verſchiedene Körper verſchieden gefunden, und man ſchrieb dieſe Verſchiedenheit, wie geſagt, entweder den einzelnen den Körper conſtituirenden Elementen (Atomen), oder auch den zwiſchen dieſen Elementen enthaltenen gröſsern oder kleinern Zwiſchenräumen zu und nannte dieſes die gröſsere oder kleinere *Dichtigkeit* (Dichte) der Körper. Bezeichnet man alſo dieſe Dichte durch D, ſo iſt

$$M = DV \text{ oder } D = \frac{M}{V}$$

oder die Dichte eines Körpers iſt das Verhältniſs der Maſſe deſſelben zu ſeinem Volumen ſo daſs alſo die Dichte eines Körpers in demſelben Verhältniſs wächſt, wie ſeine Maſſe bei gleichem Volumen zunimmt oder wie ſein Volumen bei gleicher Maſſe abnimmt, welches Letztere z. B. bei dem Zuſammendrücken der Körper oder bei dem Uebergange derſelben aus der luftförmigen Geſtalt in die tropfbare oder aus der tropfbaren in die feſte ſtatt hat[1].

---

1 S. Art. *Dichtigkeit.* Bd. II. S. 519.

Digitized by Google

Von diesen drei Factoren M, D und V, die auf allen Blättern der mechanischen und physischen Wissenschaften auftreten, wo es sich um die Kräfte, Bewegungen und andere Eigenschaften der Körper von irgend einer Gestalt handelt, haben wir es hier vorzüglich mit der Bestimmung des letzten oder des *Volumens* V dieser Körper zu thun, dessen genaue Kenntniſs besonders bei vielen physischen Untersuchungen sehr nützlich, ja selbst nothwendig ist, daher eine allgemeine Anleitung zu derselben in einem Werke dieser Art nicht fehlen darf. Eigentlich gehört dieser Gegenstand der Integralrechnung an, man pflegt daher gewöhnlich, so oft von complicirteren Bestimmungen dieser Art die Rede ist, auf diejenigen Werke zu verweisen, in welchen diese Gegenstände umständlich behandelt werden. Die zwei vorzüglichsten derselben sind Euler's *Institutiones Calculi integralis.* 4 Vol. 4. Petersburg 1792, deutsch von Salomon. Wien 1833, und Lacroix *Traité du calcul diff. et intégral.* 3 Vol. 4. Paris 1797. Da es aber nicht Jedermanns Sache und auch selbst den Geübteren nicht immer genehm ist, die Nachweisungen für jede specielle Untersuchung in so voluminösen Werken nachzusuchen, so wird es, wie wir hoffen, nicht unangemessen erscheinen, hier eine für die meisten Fälle vollkommen genügende und in dieser Form bisher noch nicht gegebene Anleitung zum kurzen und bequemen Gebrauche zusammengestellt zu sehn.

Nach den ersten Principien der Differentialrechnung hat man bekanntlich für das Differential eines Productes xy zweier veränderlichen Gröſsen x und y den einfachen Ausdruck

$$\partial . xy = x\partial y + y\partial x,$$

also auch, wenn man von allen Gliedern dieses Ausdrucks das Integral nimmt,

$$xy = \int x\partial y + \int y\partial x.$$

Dieser einfache, aber durch das ganze Gebiet der Integralrechnung höchst fruchtbare Satz zeigt, daſs, wenn y irgend eine Function von x und wenn das Integral $\int x\partial y$ bereits bekannt ist, daraus auch sofort das Integral $\int y\partial x$, oder umgekehrt, durch die Gleichung

$$\int y\partial x = xy - \int x\partial y$$

abgeleitet werden kann. Man sieht, daſs bei diesem Verfahren

Digitized by Google

Alles auf eine schickliche Trennung des vorgelegten Integralausdrucks in zwei Factoren y und ∂x, oder x und ∂y ankommt, wo von den beiden Producten $x \partial y$ oder $y \partial x$ das Integral des einen bereits bekannt ist oder doch leicht gefunden werden kann.

Wir wollen nun diesen allgemeinen Ausdruck sogleich auf einen speciellen Fall anwenden, der uns in der Folge von gröſstem Nutzen seyn wird, indem wir nämlich das Integral von dem Ausdrucke

$$\int \partial \varphi \operatorname{Sin.}^m \varphi \operatorname{Cos.}^n \varphi$$

suchen, wo m und n constante Gröſsen und φ eine willkürliche Variable bezeichnet. Zu diesem Zwecke wollen wir

$$y = (\operatorname{Cos.} \varphi)^{m+n+2} \quad \text{und} \quad \partial x = \frac{(\operatorname{Tang.} \varphi)^m}{(\operatorname{Cos.} \varphi)^2} \cdot \partial \varphi$$

setzen, wodurch daher auch wird

$$\partial y = -(m+n+2)(\operatorname{Cos.} \varphi)^{m+n+1} \operatorname{Sin.} \varphi . \partial \varphi$$

und

$$x = \frac{1}{m+1} (\operatorname{Tang.} \varphi)^{m+1}.$$

Substituirt man diese Werthe von x, y, ∂x und ∂y in unserer vorhergehenden allgemeinen Gleichung, so erhält man

$$\int \partial \varphi \operatorname{Sin.}^m \varphi \operatorname{Cos.}^n \varphi$$

$$= \frac{1}{m+1} \operatorname{Sin.}^{m+1} \varphi \operatorname{Cos.}^{n+1} \varphi + \frac{m+n+2}{m+1} \int \partial \varphi \operatorname{Sin.}^{m+2} \varphi \operatorname{Cos.}^n \varphi \ldots \text{(A)}$$

oder auch umgekehrt, wenn man das letzte Glied dieser Gleichung zuerst setzt,

$$\int \partial \varphi \operatorname{Sin.}^{m+2} \varphi \operatorname{Cos.}^n \varphi$$

$$= -\frac{1}{m+n+2} \operatorname{Sin.}^{m+1} \varphi \operatorname{Cos.}^{n+1} \varphi + \frac{m+1}{m+n+2} \int \partial \varphi \operatorname{Sin.}^m \varphi \operatorname{Cos.}^n \varphi \ldots \text{(A')}$$

und diese Gleichung (A) oder (A′) ist es, die wir allen unsern folgenden Untersuchungen zu Grunde legen wollen.

Wir könnten selbst bei diesen Gleichungen (A) oder (A′) stehn bleiben und sofort zu den Bestimmungen des Volumens der Körper, die wir darauf gründen wollen, übergehn. Aber da man dann für jeden speciellen Fall den Gröſsen m und n die entsprechenden Werthe geben müſste, so wird es bequemer seyn, für die einfachsten und am häufigsten vorkommenden

Digitized by Google

Fälle, wo m und n gleich den natürlichen Zahlen 1, 2, 3... sind, die Form der Gleichung (A) oder (A') gleich jetzt zu entwickeln und sie zur bequemen Uebersicht in einer kleinen Tafel zusammenzustellen, aus der man dann die entsprechende Form dieser Gleichung für jeden einzelnen Fall sogleich auf den ersten Blick nehmen kann.

Setzt man z. B. in der Gleichung (A') die Gröſse $n=0$, so erhält man

$$\int \partial\varphi \, \text{Sin.}^{m+2}\varphi$$
$$= -\frac{1}{m+2}\,\text{Sin.}^{m+1}\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi + \frac{m+1}{m+2}\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{m}\varphi.$$

Da man aber das Integral des letzten Theils für $m=0$ und für $m=1$, nämlich

$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{0}\varphi = \varphi \text{ und} \int \partial\varphi\,\text{Sin.}\,\varphi = -\text{Cos.}\,\varphi$$

bereits kennt, so erhält man auch, wenn man nach der Ordnung $m=0, 1, 2, 3..$ setzt,

$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{2}\varphi = -\tfrac{1}{2}\,\text{Sin.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi + \tfrac{1}{2}\varphi$$
$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{3}\varphi = -\tfrac{1}{3}\,\text{Sin.}^{2}\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi - \tfrac{2}{3}\,\text{Cos.}\,\varphi$$
$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{4}\varphi = -\tfrac{1}{4}\,\text{Sin.}^{3}\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi + \tfrac{3}{4}\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{2}\varphi$$
$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{5}\varphi = -\tfrac{1}{5}\,\text{Sin.}^{4}\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi + \tfrac{4}{5}\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{3}\varphi \text{ u. s. w.}$$

in welchen Ausdrücken man noch, wenn man will, die Potenzen von Sin. φ nach den bekannten Ausdrücken in die Sinus und Cosinus der vielfachen Winkel 2φ, 3φ, 4φ... verwandeln kann. Setzt man dann in diesen Ausdrücken $90^\circ - \varphi$ statt φ, so erhält man auch die analogen Ausdrücke von $\int \partial\varphi\,\text{Cos.}^{2}\varphi$, $\int \partial\varphi\,\text{Cos.}^{3}\varphi$ u. s. w. Wenn man also in der allgemeinen Gleichung (A') die Gröſse $n=0$ setzt, so erhält man, wie man so eben gesehn hat, das Integral von $\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{m+2}\varphi$ oder von $\int \partial\varphi\,\text{Cos.}^{m+2}\varphi$ für die Werthe von $m=0, 1, 2, 3$... Setzt man ebenso in der Gleichung (A') statt n die Gröſsen 1, 2, 3..., so erhält man die Integrale von

$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{m+2}\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi,$$
$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{m+2}\varphi\,\text{Cos.}^{2}\varphi,$$
$$\int \partial\varphi\,\text{Sin.}^{m+2}\varphi\,\text{Cos.}^{3}\varphi \text{ u. s. w.},$$

wo wieder m nach der Ordnung die Zahlen 0, 1, 2, 3.. bezeichnet. Setzt man aber in der Gleichung (A) die Gröſse m gleich $-m$, so erhält man

$$\int \frac{\partial \varphi \, \text{Cos.}^n \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi} = -\frac{1}{m-1} \cdot \frac{\text{Cos.}^{n+1} \varphi}{\text{Sin.}^{m-1} \varphi} + \frac{m-n-2}{m-1} \int \frac{\partial \varphi \, \text{Cos.}^n \varphi}{\text{Sin.}^{m-2} \varphi},$$

und mit diesem Ausdrucke erhält man

für $n=0$ das Integral von $\int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi}$ für $m=0, 1, 2, 3 \ldots$

- $n=1$ - - - $\int \frac{\partial \varphi \, \text{Cos.} \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi}$ - . . . .

- $n=2$ - - - $\int \frac{\partial \varphi \, \text{Cos.}^2 \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi}$ - . . . .

Ganz ebenso erhält man auch für $n = -1, -2, -3 \ldots$ das Integral von

$$\int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi \, \text{Cos.} \varphi}, \int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi \, \text{Cos.}^2 \varphi}, \int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi \, \text{Cos.}^3 \varphi} \text{ u. s. w.}$$

für die auf einander folgenden Werthe von $m=0, 1, 2, 3 \ldots$ und man sieht ohne ausdrückliche Erinnerung, wie sich dieses Verfahren, so weit man nur will, leicht fortsetzen läſst.

Setzen wir noch in der obigen ersten Gleichung

$$\int y \partial x = xy - \int x \partial y$$

die Gröſse $y = \varphi^m$ und $\partial x = \partial \varphi \, \text{Sin.} \varphi$, also auch

$$\partial y = m \varphi^{m-1} \partial \varphi \text{ und } x = -\text{Cos.} \varphi,$$

so erhält man sofort

$$\int \varphi^m \partial \varphi \, \text{Sin.} \varphi = -\varphi^m \text{Cos.} \varphi + m \int \varphi^{m-1} \partial \varphi \, \text{Cos.} \varphi.$$

Setzt man aber $y = \varphi^{m-1}$ und $\partial x = \partial \varphi \, \text{Cos.} \varphi$, so erhält man auf dieselbe Weise

$$\int \varphi^{m-1} \partial \varphi \, \text{Cos.} \varphi = \varphi^{m-1} \text{Sin.} \varphi - (m-1) \int \varphi^{m-2} \partial \varphi \, \text{Sin.} \varphi,$$

und ganz ebenso ist auch

$$\int \varphi^{m-2} \partial \varphi \, \text{Sin.} \varphi = -\varphi^{m-2} \text{Cos.} \varphi - (m-2) \int \varphi^{m-3} \partial \varphi \, \text{Cos.} \varphi.$$

Setzt man auch dieses Verfahren fort, und substituirt dann die einzelnen Integrale in einander, so erhält man

$$\int \varphi^m \partial \varphi \, \text{Sin.} \varphi$$
$$= -\varphi^m \text{Cos.} \varphi + m \varphi^{m-1} \text{Sin.} \varphi + m(m-1) \varphi^{m-2} \text{Cos} \varphi$$
$$- m(m-1)(m-2) \varphi^{m-3} \text{Sin.} \varphi - \ldots$$

so wie auch

Digitized by Google

$$\int \varphi^m \partial\varphi \,\text{Cos.}\,\varphi$$
$$= +\varphi^m \text{Sin.}\,\varphi + m\varphi^{m-1}\text{Cos.}\,\varphi - m(m-1)\varphi^{m-2}\text{Sin.}\,\varphi - m(m-1)(m-2)\varphi^{m-3}\text{Cos.}\,\varphi + \ldots$$

von welchen Reihen das Gesetz des Fortgangs für sich deutlich ist.

Die vorhergehenden Erläuterungen genügen, um die oben erwähnte Tafel zu construiren, die wir hier aufstellen wollen.

I. $\int \partial\varphi \,\text{Sin.}^m \varphi$, wo $m = 1, 2, 3 \ldots$

$$\int \partial\varphi \,\text{Sin.}\,\varphi = -\text{Cos.}\,\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Sin.}^2\varphi = \tfrac{1}{4}\,\text{Sin.}\,2\varphi + \tfrac{1}{2}\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Sin.}^3\varphi = \tfrac{1}{12}\,\text{Cos.}\,3\varphi - \tfrac{3}{4}\,\text{Cos.}\,\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Sin.}^4\varphi = \tfrac{1}{32}\,\text{Sin.}\,4\varphi - \tfrac{1}{4}\,\text{Sin.}\,2\varphi + \tfrac{3}{8}\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Sin.}^5\varphi = -\tfrac{1}{80}\,\text{Cos.}\,5\varphi + \tfrac{5}{48}\,\text{Cos.}\,3\varphi - \tfrac{5}{8}\,\text{Cos.}\,\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Sin.}^6\varphi = -\tfrac{1}{192}\,\text{Sin.}\,6\varphi + \tfrac{3}{64}\,\text{Sin.}\,4\varphi - \tfrac{15}{64}\,\text{Sin.}\,2\varphi + \tfrac{5}{16}\varphi.$$

II. $\int \partial\varphi \,\text{Cos.}^m \varphi$.

$$\int \partial\varphi \,\text{Cos.}\,\varphi = \text{Sin.}\,\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Cos.}^2\varphi = \tfrac{1}{4}\,\text{Sin.}\,2\varphi + \tfrac{1}{2}\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Cos.}^3\varphi = \tfrac{1}{12}\,\text{Sin.}\,3\varphi + \tfrac{3}{4}\,\text{Sin.}\,\varphi,$$
$$\int \partial\varphi \,\text{Cos.}^4\varphi = \tfrac{1}{32}\,\text{Sin.}\,4\varphi + \tfrac{1}{4}\,\text{Sin.}\,2\varphi + \tfrac{3}{8}\varphi \text{ u. s. f.}$$

III. $\int \frac{\partial\varphi}{\text{Sin.}^m \varphi}$

$$\int \frac{\partial\varphi}{\text{Sin.}\,\varphi} = \text{Log. nat. Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varphi,$$
$$\int \frac{\partial\varphi}{\text{Sin.}^2\varphi} = -\text{Cotg.}\,\varphi,$$
$$\int \frac{\partial\varphi}{\text{Sin.}^3\varphi} = -\frac{\text{Cos.}\,\varphi}{2\,\text{Sin.}^2\varphi} + \tfrac{1}{2}\,\text{Log. Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varphi \text{ u. s. f.}$$

IV. $\int \frac{\partial\varphi}{\text{Cos.}^m \varphi}$.

$$\int \frac{\partial\varphi}{\text{Cos.}\,\varphi} = \text{Log. Tang.}\,\frac{90^\circ + \varphi}{2},$$
$$\int \frac{\partial\varphi}{\text{Cos.}^2\varphi} = \text{Tang.}\,\varphi,$$
$$\int \frac{\partial\varphi}{\text{Cos.}^3\varphi} = \frac{\text{Sin.}\,\varphi}{2\,\text{Cos.}^2\varphi} - \tfrac{1}{2}\,\text{Log. Tang.}\,\frac{90^\circ - \varphi}{2} \text{ u. s. w.}$$

Digitized by Google

$$\text{V. } \int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi \text{ Cos. } \varphi}.$$

$$\int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin. } \varphi \text{ Cos. } \varphi} = \text{Log. Tang. } \varphi,$$

$$\int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^2 \varphi \text{ Cos. } \varphi} = -\frac{1}{\text{Sin. } \varphi} + \text{Log. Tang. } \frac{90^\circ + \varphi}{2} \text{ u. s. f.}$$

$$\text{VI. } \int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^m \varphi \text{ Cos.}^2 \varphi}.$$

$$\int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin. } \varphi \text{ Cos.}^2 \varphi} = \frac{1}{\text{Cos. } \varphi} + \text{Log. Tang. } \tfrac{1}{2} \varphi,$$

$$\int \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}^2 \varphi \text{ Cos.}^2 \varphi} = -2 \text{ Cotg. } 2\varphi,$$

$$\text{VII. } \int \varphi^m \partial \varphi \text{ Sin. } \varphi.$$

$$\int \varphi \, \partial \varphi \text{ Sin. } \varphi = -\varphi \text{ Cos. } \varphi + \text{Sin. } \varphi,$$

$$\int \varphi^2 \partial \varphi \text{ Sin. } \varphi = -\varphi^2 \text{ Cos. } \varphi + 2 \varphi \text{ Sin. } \varphi + 2 \text{ Cos. } \varphi,$$

$$\text{VIII. } \int \varphi^m \partial \varphi \text{ Cos. } \varphi.$$

$$\int \varphi \, \partial \varphi \text{ Cos. } \varphi = \varphi \text{ Sin. } \varphi + \text{Cos. } \varphi,$$

$$\int \varphi^2 \partial \varphi \text{ Cos. } \varphi = \varphi^2 \text{ Sin. } \varphi + 2 \varphi \text{ Cos. } \varphi - 2 \text{ Sin. } \varphi.$$

Diese kleine Tafel wird uns zu der nun folgenden Ausmessung der Körper von jeder Gestalt die besten Dienste leisten und uns in den meisten Fällen des Nachsuchens in den oben erwähnten voluminösen Integralwerken gänzlich überheben.

Diese Ausmessung der Körper besteht eigentlich aus zwei wesentlich von einander verschiedenen Theilen, nämlich aus der Bestimmung ihrer *Oberfläche* und aus der ihres körperlichen Inhaltes oder ihres *Volumens*. Die erste dieser Bestimmungen nennt man die *Complanation*, die zweite die *Cubatur* der Körper. Wir wollen beide, wie sie es auch ihrer Natur nach sind, abgesondert betrachten und zuerst die allgemeinen Ausdrücke für diese Bestimmungen aufstellen, ehe wir sie auf gegebene specielle Fälle anwenden.

Die Grenzen der Körper sind Flächen, ebene oder krumme. Eine solche Fläche messen oder bestimmen heiſst, sie

mit einer andern bekannten Fläche, die man als die Einheit der Flächen annimmt, vergleichen. Die einfachste der ebenen Flächen ist das *Quadrat,* nach ihm das *Rechteck.* Das letzte wird daher auch schon durch das erste gemessen, d. h. um die Fläche eines gegebenen Rechtecks zu bestimmen, untersucht man, wie vielmal dasselbe die Fläche eines Quadrats, dessen Seiten sehr klein sind, wie vielmal es z. B. die Fläche eines Quadratzolls oder einer Quadratlinie u. s. w. in sich enthält. Enthält aber die eine Seite des Rechtecks die Seite jenes Quadrats, das man zur Einheit der Flächen angenommen hat, a mal und die andere Seite des Rechtecks b mal, so sind offenbar a mal b oder ab dieser Quadrate in jenem Rechtecke enthalten, oder endlich, wie man sich auszudrücken pflegt, die Fläche des Rechtecks ist gleich dem Producte seiner beiden Seiten, oder die Fläche des Rechtecks ist gleich dem *Producte der Basis in die Höhe* desselben. Dieser Begriff wird durch die ganze Lehre der Complanation der Flächen fortgesetzt, und es ist nur noch übrig, ihn auch auf die verwickelteren Fälle gehörig anzuwenden. Da man z. B. weiſs, daſs ein Parallelogramm von der Höhe und Basis eines Rechtecks auch eine gleiche Fläche mit demselben hat und daſs ein Parallelogramm durch seine Diagonale in zwei gleiche Dreiecke getheilt wird, so ist auch die Fläche jedes Parallelogramms gleich dem Producte der Basis in seine Höhe und die Fläche des Dreiecks ist gleich der Hälfte dieses Productes u. s. w.

Schwieriger wird aber die Anwendung dieses Begriffes auf solche ebene Flächen, die ganz oder zum Theil von *krummen* Linien begrenzt werden. Sey AM eine solche krumme
Fig. 265. Linie, deren Puncte M bekanntlich durch zwei auf einander senkrechte Coordinaten $AP = x$ und $PM = y$ bestimmt werden. Um die Fläche AMP, welche zwischen diesen drei Linien AM, AP und PM enthalten ist, zu messen, denkt man sich von dem nächstfolgenden Puncte m der Curve AM ebenfalls eine Senkrechte mp auf die verlängerte Ap gezogen, wo dann das Viereck PMmp gleichsam das erste Wachsthum oder das Differential der gesuchten Fläche ausdrückt, welches man durch $\partial.F$ bezeichnen kann, wenn F die Fläche AMP selbst vorstellt. Zieht man dann Mn parallel mit AP, so ist $PM = pn$, und man wird, analog mit dem Vorherge-

Digitized by Google

henden, auch die Gröſse Pp $=\partial x$ als das Differential von AP $=x$, so wie die Gröſse mn $=\partial y$ als das Differential von PM $=y$ betrachten. Dieses vorausgesetzt besteht das Differential ∂F der gesuchten Fläche aus dem Rechtecke PMmp, das nach dem Vorhergehenden gleich $y\partial x$, und aus dem Dreiecke Mmn, das gleich $\frac{1}{2}\partial x\partial y$ ist, so daſs daher

$$\partial F = y\partial x + \tfrac{1}{2}\partial x\partial y$$

seyn wird. Da aber nach dem Geiste der Differentialrechnung die unendlichkleinen Gröſsen gegen die endlichen weggelassen werden, so ist auch $y+\frac{1}{2}\partial y$ gleich y und daher

$$\partial F = (y+\tfrac{1}{2}\partial y)\partial x$$

oder

$$\partial . F = y\partial x \quad \ldots \quad (B)$$

und diese Gleichung giebt daher den allgemeinen Ausdruck des *Differentials* ∂F einer jeden ebenen, von krummen Linien begrenzten Fläche, aus dem dann durch Integralrechnung (oder, wie wir später sehn werden, durch die oben aufgestellte kleine Tafel) die gesuchte Fläche F selbst abgeleitet werden kann. Man kann diesen Ausdruck offenbar auch so stellen:

$$\partial^2 F = \partial x . \partial y,$$

wo dann das Product $\partial x . \partial y$ die Flächen der kleinen Rechtecke Pa′, a′b, bc′... bezeichnet, deren Basis Pp $=\partial x$ und deren gemeinschaftliche Höhe Pa $=$ ab $=$ bc $=$ mn $=\partial y$ ist, und wo der Ausdruck $\partial x . \partial y$ zweimal integrirt werden muſs. Ebenso kann man, wenn man aus dem Anfangspuncte A die geraden Linien AM und Am und dann aus dem Mittelpuncte A mit dem Halbmesser AM $=$ r den Kreisbogen Mn zieht, die Fläche AMmA $=\partial F$ als das Differential der Fläche ABMA $=$ F ansehn. Dann ist nämlich AM $=$ An $=$ r, und wenn man den Winkel PAM durch φ bezeichnet, der Winkel MAm $=\partial\varphi$, so wie mn $=\partial r$, so daſs man daher das Differential ∂F gleich der Fläche der beiden Dreiecke AMn und Mmn setzen kann. Die gemeinschaftliche Basis dieser Dreiecke ist Mn $= r\partial\varphi$ und ihre Höhen sind r und ∂r, so daſs man daher hat Fig. 266.

$$\partial F = \tfrac{1}{2} r\partial\varphi(r+\partial r)$$

oder wieder, wenn ∂r gegen r unendlich klein ist,

$$\partial F = \tfrac{1}{2} r^2 \partial\varphi \quad \ldots \quad (B')$$

Digitized by Google

woraus dann wieder durch Integralrechnung die endliche Gröſse F abzuleiten ist.

Wenn wir nun zu solchen Flächen übergehn, die nicht mehr in derselben Ebene liegen, so werden wir doch, nach demselben Geiste der Differentialrechnung, annehmen können, daſs jeder kleinste Theil derselben eine solche ebene Fläche bildet. Seyen also die drei unter sich senkrechten Geraden AX, AY und AZ die Axen der Coordinaten x, y und z und M ein Punct der gegebenen krummen Fläche. Man lege durch den Punct M zwei Ebenen, deren die eine MQQ M' mit der coordinirten Ebene der xz und die andere MQRN mit der coordinirten Ebene der yz parallel ist, so werden diese Ebenen die gegebene Fläche in zwei Curven MM' und MN schneiden. Nimmt man dann auf diesen Curven zwei dem Puncte M sehr nahe Puncte M' und N und legt man durch diese zwei Puncte ebenfalls solche Ebenen NRR'N' und M'Q'R'N', die den beiden coordinirten Ebenen der xz und yz parallel sind, so wird durch diese vier Ebenen auf der gegebenen krummen Fläche eine vierseitige Figur MNM'N' begrenzt, deren Projection in der coordinirten Ebene der xy das Rechteck QQ'RR' ist. Ist daher wieder

Fig. 267.

$$AP = x, \quad PQ = y \text{ und } QM = z,$$

so ist auch

$$QQ' = PP' = \partial x, \; QR = Q'R' = \partial y \text{ und } M'n = \partial z,$$

wenn Mn mit AX parallel gezogen wird. Es ist demnach die Fläche des ebenen Rechtecks QQ'RR' gleich $\partial x \partial y$, wie zuvor. Allein die Fläche des krummen Rechtecks MNM'N' kann ebenfalls, wegen der Kleinheit seiner Seiten, ohne merklichen Fehler als ein ebenes Rechteck betrachtet werden, dessen Fläche ganz in diejenige Ebene fällt, welche die gegebene krumme Fläche in dem Puncte M *tangirt*, und da das erste Rechteck QQ'RR' $= \partial x \partial y$ die Projection des zweiten MNM'N' ist, so wird man auch die Fläche dieses zweiten Rechtecks erhalten, wenn man die Fläche des ersten durch den Cosinus des Winkels dividirt, welchen die unsere Fläche in M tangirende Ebene mit der coordinirten Ebene der xy bildet. Dieser Cosinus ist aber, wie man aus den ersten Elementen der analytischen Geometrie weiſs, gleich

$$\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}}.$$

Nennt man also, analog mit dem Vorhergehenden, $\partial \Phi$ die Fläche dieses zweiten Rechtecks $MNM'N'$, so hat man für den analytischen Ausdruck derselben

$$\partial \Phi = \partial x \partial y . \sqrt{1+\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \ldots : \quad (C)$$

und dieser Ausdruck zweimal integrirt wird die ganze Oberfläche des gegebenen Körpers, z. B. der Kugel, des Kegels, des Ellipsoids u. s. w., geben.

Einfacher wird dieser Ausdruck für $\partial \Phi$, wenn der Körper, dessen Oberfläche Φ gesucht wird, durch Rotation einer krummen Linie um irgend eine Axe entstanden ist. Sey APB Fig. 268.
diese Rotationsaxe, die wir zugleich für die Axe der x annehmen, und sey $AMmB$ die gegebene krumme Linie. Legt man durch zwei sehr nahe Puncte M und m dieser Linie Ebenen, die senkrecht auf der Rotationsaxe stehn, so werden diese Ebenen unsere Rotationsfläche in Kreisen schneiden, deren sehr nahe gleiche Halbmesser $PM = pm = y$ sind und deren Peripherie daher gleich $2\pi y$ ist, wenn π die bekannte Ludolph'sche Zahl 3,14159... bezeichnet. Dieses vorausgesetzt kann man den Theil der Oberfläche unseres Rotationskörpers, der zwischen den beiden Kreisen enthalten ist, als die Oberfläche eines Cylinders betrachten, dessen Basis zum Umfange eben jene Peripherie $2\pi y$ hat und dessen sehr kleine Höhe das Element $Mm = \partial s$ des Bogens der rotirenden Curve ist. Dieses Element ist aber bekanntlich gleich

$$\partial s = \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2},$$

so daſs man also hat

$$\partial \Phi = 2\pi y \partial s \quad \ldots : \quad (C').$$

Gehn wir jetzt noch zu der Bestimmung des eigentlichen *Volumens* eines gegebenen Körpers über. Das Einfachste ist ohne Zweifel, wenn wir den oben gegebenen Begriff von der Messung der Ebenen unmittelbar auch auf die Messung der Körper übertragen. Nach dem Vorhergehenden ist die Projection jedes Elements $MNM'N'$ der einen Körper begrenzenden Fläche in der Ebene xy gleich dem Rechtecke $QRQ'R' = \partial x \partial y$.

Das vierseitige Prisma MNRQ' aber, dessen Basis dieses Rechteck und dessen Höhe die Ordinate QM oder $R'N' = z$ ist, hat zu seinem Volumen das Product $z.\partial x \partial y$, und dieses Product kann daher auch als das gesuchte Element des Volumens V des Körpers selbst angesehn werden, so daſs man also hat

$$\partial.V = z\partial x \partial y,$$

welcher Ausdruck daher zweimal integrirt werden muſs. Man kann ihn auch, analog mit dem Vorhergehenden, durch die Gleichung

$$\partial V = \partial x \partial y \partial z \;...\; (D)$$

darstellen, die, wie schon der erste Anblick zeigt, eine dreifache Integration erfordert. Diese letzte Form ist die eines rechtwinkligen Parallelepipedums $R R' q q'$, dessen Seiten $QQ' = RR' = \partial x$, $QR = Q'R' = \partial y$ und $Qq = R'r' = M'n = \partial z$ sind, wobei also der Körper aus lauter solchen sehr kleinen rechtwinkligen Parallelepipeden zusammengesetzt gedacht wird.

Auch dieser Ausdruck wird einfacher, wenn der zu bestimmende Körper durch Rotation einer Curve um die Axe der x entstanden ist. Ist nämlich wieder der Halbmesser PM oder pm jener beiden Kreise gleich r und ist die senkrechte Distanz Pp derselben gleich ∂x, so kann man den zwischen diesen beiden Kreisen enthaltenen Theil des Körpers als einen Cylinder betrachten, dessen Basis gleich der Fläche jener Kreise oder gleich πy^2 und dessen Höhe gleich ∂x ist, so daſs man also für das Element des Volumens dieser Körper den Ausdruck hat

Fig. 268.

$$\partial V = \pi y^2 \partial x \;...\; (D').$$

Wir haben demnach, um alles Vorhergehende kurz zusammenzustellen, folgende Ausdrücke: für das Element des Bogens s einer jeden ebenen Curve

$$\partial s = \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2} \;...\; (A),$$

für das Element der Fläche F einer Curve

$$\partial F = y \partial x \;...\; (B)$$

oder zwischen den Polarcoordinaten r und φ

$$\partial F = \tfrac{1}{2} r^2 \partial \varphi \;...\; (B'),$$

für die Oberfläche Φ der Rotationskörper

$$\partial \Phi = 2\pi y \partial s \;...\; (C')$$

Digitized by Google

und endlich für das Volumen V dieser Körper

$$\partial V = \pi y^2 \partial x \ . \ . \ . \quad (D').$$

Dieses vorausgesetzt gelangen wir nun zu dem eigentlichen Zwecke unseres Vorhabens, nämlich der Integration dieser Ausdrücke für solche besondere Fälle, wie sie der Physiker öfter gebraucht, die bisher nur mit Hülfe umständlicher Werke über die Integralrechnung gefunden werden konnte, während wir sie alle mittelst der oben gegebenen kleinen Tafel kurz und bequem darstellen wollen. Da aber jene Tafel, die wir allen nun folgenden Untersuchungen zu Grunde legen wollen, nur trigonometrische Functionen enthält, während die Gleichungen der Curven und Flächen gewöhnlich durch rechtwinklige Coordinaten x, y und z ausgedrückt werden, so wird es zu unserm Zwecke angemessen, ja selbst nothwendig seyn, auch diese Gleichungen vorerst auf solche trigonometrische Functionen zurückzuführen, also für Curven jede der beiden Coordinaten x und y als eine solche Function zu betrachten, die man, wie man sogleich näher sehn wird, in den meisten Fällen sehr leicht finden kann. Die bekannte Gleichung des Kreises z. B. ist

$$x^2 + y^2 = a^2,$$

wo a den Halbmesser desselben bezeichnet. Setzt man nun die Abscisse $x = a\,\mathrm{Cos.}\,\varphi$, so zeigt jene Gleichung sofort, daſs die Ordinate $y = a\,\mathrm{Sin.}\,\varphi$ seyn muſs, so daſs man daher für den Kreis folgende zwei Gleichungen hat:

$$x = a\,\mathrm{Cos.}\,\varphi \text{ und } y = a\,\mathrm{Sin.}\,\varphi.$$

Für die Ellipse, deren beide Halbaxen a und b sind, hat man ebenso

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

und man sieht leicht, daſs man diese einzelne Gleichung auch durch die folgenden zwei ersetzen kann:

$$x = a\,\mathrm{Sin.}\,\varphi \text{ und } y = b\,\mathrm{Cos.}\,\varphi.$$

Ebenso ist die Gleichung der Astrois

$$x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}},$$

wofür man wieder die beiden folgenden setzen kann:

$$x = a\,\mathrm{Cos.}^3\varphi \text{ und } y = a\,\mathrm{Sin.}^3\varphi.$$

Auf den ersten Blick scheint damit nicht eben viel gewonnen zu seyn, da eine einzelne Gleichung doch im Allgemeinen

leichter zu behandeln seyn muſs, als zwei, deren eine die andere bedingt. Daſs dieses aber nicht immer und besonders nicht bei den hier vorliegenden Problemen der Fall ist, wird die Folge lehren. Hier begnügen wir uns zu erwähnen, daſs sich dasselbe Verfahren auch auf die Gleichungen der Flächen und zwar oft mit noch gröſserem Vortheile fortsetzen läſst, wo aber dann der *einzigen* Gleichung der Fläche zwischen rechtwinkligen Coordinaten *drei* andere zwischen ihnen und den trigonometrischen Functionen substituirt werden müssen. So ist z. B. die Gleichung der Kugel, deren Halbmesser a ist,

$$x^2 + y^2 + z^2 = a^2.$$

Allein dafür kann man auch ganz ebenso allgemein die folgenden drei Gleichungen setzen:

$$x = a \operatorname{Cos.} \varphi \operatorname{Sin.} \psi,$$
$$y = a \operatorname{Sin.} \varphi \operatorname{Sin.} \psi,$$
$$z = a \operatorname{Cos.} \psi.$$

Die Oberfläche, die entsteht, wenn eine Ellipse, deren halbe groſse und kleine Axe a und b ist, sich um ihre kleine Axe dreht, hat bekanntlich zur Gleichung

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1,$$

oder auch, wie man leicht sieht, folgende drei Gleichungen:

$$x = a \operatorname{Cos.} \varphi \operatorname{Sin.} \psi,$$
$$y = a \operatorname{Sin.} \varphi \operatorname{Sin.} \psi,$$
$$z = b \operatorname{Cos.} \psi.$$

Die bekannte Gleichung des Kegels ist:

$$x^2 + y^2 = a^2 z^2$$

und dieselbe Fläche läſst sich auch ebenso allgemein durch folgende drei Gleichungen ausdrücken:

$$x = a \varphi \operatorname{Cos.} \psi,$$
$$y = a \varphi \operatorname{Sin.} \psi,$$
$$z = \varphi,$$

welche Beispiele sich leicht auch auf andere der gewöhnlich vorkommenden Flächen anwenden lassen.

Gehn wir nun zu unseren Integrationen über und betrachten wir unter denselben zuerst diejenigen, welche für die Bestimmung der Länge des Bogens einer gegebenen Curve bestehn, auf welcher Bestimmung bekanntlich die sogenannte *Rectification* der Curven beruht.

Digitized by Google

A. Rectification der Curven.

1) Der *Kreis*, dessen Halbmesser a ist, hat zur Gleichung Fig. 269.

$$x^2 + y^2 = a^2.$$

In diesem, so wie in allen folgenden Figuren, wird die Gerade AP immer gleich x und die darauf senkrechte PM gleich y gesetzt. Nimmt man also, wie zuvor,

$$x = a \,\mathrm{Cos.}\,\varphi \text{ und } y = a \,\mathrm{Sin.}\,\varphi,$$

so hat man auch

$$\partial x = -a\,\partial\varphi\,\mathrm{Sin.}\,\varphi \text{ und } \partial y = a\,\partial\varphi\,\mathrm{Cos.}\,\varphi.$$

Substituirt man diese Werthe von ∂x und ∂y in der obigen Gleichung (A), so erhält man

$$\partial s = a\,\partial\varphi$$

und davon ist das bekannte Integral

$$s = a\varphi,$$

wo die Constante der Integration verschwindet, wenn s mit φ oder mit y zugleich verschwindet. Es ist daher der Kreisbogen $BM = a\varphi$, wenn der Winkel $BAM = \varphi$ ist, wie bekannt.

2) Für die *Apollonische Parabel* NAM hat man die Gleichung Fig. 270.

$$y^2 = ax$$

zwischen den rechtwinkligen Coordinaten $AP = x$ und $PM = y$. Setzt man aber

$$x = \tfrac{1}{4} a \,\mathrm{Tang.}^2\,\varphi,$$

so erhält man auch

$$y = \tfrac{1}{2} a \,\mathrm{Tang.}\,\varphi,$$

so daſs daher ist

$$\partial x = \tfrac{1}{2} a\,\partial\varphi\,\frac{\mathrm{Tang.}\,\varphi}{\mathrm{Cos.}^2\varphi} \text{ und } \partial y = \tfrac{1}{2}\cdot\frac{a\,\partial\varphi}{\mathrm{Cos.}^2\varphi}.$$

Diese Werthe von ∂x und ∂y in der Gleichung (A) substituirt geben

$$\partial s = \frac{\tfrac{1}{2} a\,\partial\varphi}{\mathrm{Cos.}^3\varphi}$$

und davon erhält man nach der vorhergehenden Tafel N. IV. sofort das gesuchte Integral

$$s = \tfrac{1}{4} a \cdot \left[\frac{\mathrm{Sin.}\,\varphi}{\mathrm{Cos.}^2\varphi} - \mathrm{Log.\,Tang.}\,\frac{90^\circ - \varphi}{2}\right],$$

wenn s zugleich mit φ oder, was daſselbe ist, mit x verschwindet.

Digitized by Google

Fig. 271. 3) Für die *Neil'sche* Parabel NAM hat man die bekannte Gleichung

$$y^3 = a x^2.$$

Setzt man aber $x = \frac{8}{27} a \operatorname{Tang.}^3 \varphi$, so hat man auch

$$y = \frac{4}{9} a \operatorname{Tang.}^2 \varphi,$$

und daher

$$\partial x = \frac{8a}{9} \cdot \frac{\operatorname{Tang.}^2 \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 \varphi} \cdot \partial \varphi \text{ und } \partial y = \frac{8a}{9} \cdot \frac{\operatorname{Tang.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 \varphi} \cdot \partial \varphi.$$

Damit giebt aber die Gleichung (A)

$$\partial s = \frac{8a}{9} \cdot \frac{\operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^4 \varphi} \cdot \partial \varphi.$$

Da aber $\partial \cdot \frac{1}{\operatorname{Cos.}^3 \varphi} = 3 \frac{\operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^4 \varphi} \cdot \partial \varphi$ ist, so hat man auch für das gesuchte Integral

$$s = \frac{8a}{27 \operatorname{Cos.}^3 \varphi} + \text{Const.}$$

Zählt man den Bogen $AM = s$ vom Scheitel A, so ist $s = 0$ für $x = \varphi = 0$ und daher

$$\text{Const.} = -\frac{8a}{27},$$

also auch der gesuchte Bogen AM der Neil'schen Parabel

$$s = \frac{8a}{27} \left(\frac{1}{\operatorname{Cos.}^3 \varphi} - 1 \right).$$

Fig. 272. 4) Für die *Astrois* BCDE hat man die Gleichung

$$x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}}.$$

Setzt man also

$$x = a \operatorname{Cos.}^3 \varphi \text{ und } y = a \operatorname{Sin.}^3 \varphi,$$

so erhält man

$$\partial s = -\frac{3a}{2} \partial \varphi \operatorname{Sin.} 2 \varphi$$

und davon ist das Integral (Tafel N. I.)

$$s = \tfrac{3}{2} a \operatorname{Cos.}^2 \varphi,$$

wenn $s = 0$ für $x = 0$ oder für $\varphi = 90°$ wird. Man sieht daraus, daſs der ganze Bogen CME jedes Quadranten gleich $\frac{3}{2} a$ und daſs daher der ganze Umfang der Astrois gleich $6a$ oder gleich der dreifachen geraden Linie BC oder DE ist.

Fig. 273. 5) Für die *Logistik* MBN hat man die Gleichung

$$x = e^y,$$

Digitized by Google

wo e die Basis der natürlichen Logarithmen bezeichnet und wo wieder $AP = x$ und $PM = y$, so wie $AC = 1$ und $CD = e$ ist. Setzt man aber $x = \text{Tang.}\,\varphi$, so ist

$$\partial x = \frac{\partial \varphi}{\text{Cos.}^2 \varphi} \text{ und } \partial y = \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}\,\varphi\ \text{Cos.}\,\varphi},$$

also auch für die Gleichung (A)

$$\partial s = \frac{\partial \varphi}{\text{Sin.}\,\varphi\,\text{Cos.}^2 \varphi}$$

und davon ist (Tafel VI.) das gesuchte Integral

$$s = \frac{1}{\text{Cos.}\,\varphi} + \text{Log. Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varphi + \text{Const.}$$

6) Für die *Cykloide* AMDB, deren erzeugender Kreis HML den Mittelpunct O und den Halbmesser $OH = OM = a$ hat, ist die bekannte Gleichung zwischen den rechtwinkligen Coordinaten $AP = x$ und $PM = y$ Fig. 274.

$$x = a\ \text{Arc. Cos.} \left(1 - \frac{y}{a}\right) - \sqrt{2ay - y^2}.$$

Setzt man aber

$$x = a(\varphi - \text{Sin.}\,\varphi),$$

so hat man auch

$$y = a(1 - \text{Cos.}\,\varphi),$$

wo der Winkel $MOH = \varphi$ ist, und damit giebt die Gleichung (A)

$$\partial s = 2a\,\partial\varphi\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi,$$

wovon das Integral nach Tafel I. ist

$$s = 4a(1 - \text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi) \text{ oder } s = 8a\,\text{Sin.}^2\,\tfrac{1}{4}\varphi,$$

wenn $s = 0$ für $\varphi = 0$ verschwindet. Für $\varphi = 180°$ erhält man den halben Bogen der Cykloide $AMD = 4a$ und daher den ganzen $AMDB = 8a$, oder die ganze Länge der Cykloide ist gleich dem achtfachen Halbmesser ihres erzeugenden Kreises.

7) Für die *Kettenlinie* AMDB hat man die Gleichung Fig. 275.

$$e^{\frac{y}{a}} + e^{-\frac{y}{a}} = \frac{2(a + x)}{a},$$

wo $DP = x$ und $PM = y$ ist. Setzt man aber

$$x = \frac{a}{\text{Cos.}\,\varphi} - a,$$

so erhält man, wie man leicht sieht,

Digitized by Google

$$y = a \,\text{Log. Tang.}\, \frac{90^\circ + \varphi}{2}$$

und davon sind die Differentiale

$$\partial x = \frac{a \,\partial \varphi \,\text{Sin.}\, \varphi}{\text{Cos.}^2 \varphi} \text{ und } \partial y = \frac{a \,\partial \varphi}{\text{Cos.}\, \varphi},$$

so daſs man also für die Gleichung (A) erhält

$$\partial s = \frac{a \,\partial \varphi}{\text{Cos.}^2 \varphi},$$

wovon das Integral nach Tafel IV.

$$s = a \,\text{Tang.}\, \varphi$$

ist.

8) Ebenso kann man auch die bekannten *Spirallinien* mit Hülſe jener Tafel leicht rectificiren.

Fig. 276. Für die Spirale des *Archimedes* CMNAm hat man die bekannte Gleichung $\nu = 2\pi r$, wo der Radius CM $= r$ und der ihm entsprechende Bogen AB $= \nu$ des Kreises ABD ist, dessen Halbmesser als Einheit genommen wird. Setzt man aber in die Gleichung (A) oder in

$$\partial s^2 = \partial x^2 + \partial y^2,$$

die Gröſse $x = r \,\text{Sin.}\, \nu$ und $y = r \,\text{Cos.}\, \nu$, so erhält man

$$\partial s^2 = \partial r^2 + r^2 \partial \nu^2$$

und wenn man in diesen allgemeinen Ausdruck von ∂s den Werth $\partial r = \frac{\partial \nu}{2\pi}$ aus der Gleichung der Archimedischen Spirale substituirt, so hat man

$$\partial s = \frac{\partial \nu}{2\pi} \cdot \sqrt{1 + \nu^2}.$$

Um diesen Ausdruck nach unserer Tafel zu integriren, sey $\nu = \text{Tang.}\, \varphi$, so ist

$$\partial \nu = \frac{\partial \varphi}{\text{Cos.}^2 \varphi} \text{ und } \partial s = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\text{Cos.}^3 \varphi},$$

und damit giebt die Tafel IV. das Integral

$$s = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{\text{Sin.}\, \varphi}{\text{Cos.}^2 \varphi} + \text{Log.}\, \frac{1 + \text{Sin.}\, \varphi}{\text{Cos.}\, \varphi} \right].$$

Fig. 277. Ebenso hat man auch für die *logarithmische Spirale* aMNm

$$r = a^\nu,$$

wo $r =$ AM und wo ν der Winkel MAC der r mit einer durch den Pol A gehenden festen Geraden AC ist. Diese Gleichung giebt aber

$$\partial r = a^{v} . \partial v . \mathrm{Log.}\, a .$$

Setzt man daher der Kürze wegen

$$b = \sqrt{\frac{1 + \mathrm{Log.}^2 a}{\mathrm{Log.}^2 a}},$$

so findet man

$$\partial s = \sqrt{\partial r^2 + r^2 \partial v^2} = a^{v} . \partial v . \sqrt{1 + \mathrm{Log.}^2 a}$$

und daher auch das Integral dieses Ausdruckes

$$s = b r .$$

Für die *hyperbolische Spirale* abdM hat man bekanntlich Fig. 278.

$$a = r . v ,$$

wo CM = r und der Winkel XCM = v ist, und diese Gleichung läſst sich ebenso, wie die vorhergehende, behandeln.

9) Suchen wir noch, zum Beschlusse dieses ersten Abschnitts, die Rectification der *Ellipse* BDC, deren Halbaxen AC = a und AD = b sind. Nennt man AP = x und PM = y, so hat man für die bekannte Gleichung dieser Curve Fig. 279.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 .$$

Setzt man aber $x = a\,\mathrm{Sin.}\,\varphi$ und $y = b\,\mathrm{Cos.}\,\varphi$, so geht die obige allgemeine Gleichung (A) sofort in die folgende über:

$$\partial s = a \partial \varphi . \sqrt{1 - e^2 \mathrm{Sin.}^2 \varphi},$$

wenn man der Kürze wegen $a e = \sqrt{a^2 - b^2}$ setzt.

Allein dieser Ausdruck läſst sich, wie man ihn auch, etwa durch Einführung anderer Hülfsgröſsen, verändern mag, weder durch unsere Tafel, noch auch sonst durch irgend ein Mittel in einem *geschlossenen Ausdrucke* integriren. Entwickelt man aber die Gröſse $\sqrt{1 - e^2 \mathrm{Sin.}^2 \varphi}$ nach dem Binomium in eine Reihe, so erhält man

$$\partial s = a \partial \varphi \Big[1 - \tfrac{1}{2} e^2 \mathrm{Sin.}^2 \varphi - \frac{1}{1.2.2^2} e^4 \mathrm{Sin.}^4 \varphi - \frac{1.3}{1.2.3.2^3} e^6 \mathrm{Sin.}^6 \varphi - \frac{1.3.5}{1.2.3.4.2^4} e^8 \mathrm{Sin.}^8 \varphi - .. \Big].$$

Die einzelnen Glieder dieser Reihe aber lassen sich, wie man sieht, nach Tafel I. integriren, so daſs man erhält

Digitized by Google

$$\frac{s}{a} = \varphi - \tfrac{1}{2} e^2 \left(\tfrac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2^2} \text{Sin.} 2\varphi\right)$$
$$- \frac{1.1}{2.4} e^4 \left(\frac{1.3}{2.4}\varphi - \frac{4}{2^4} \text{Sin.} 2\varphi + \frac{1}{2^4.2} \text{Sin.} 4\varphi\right)$$
$$- \frac{1.1.3}{2.4.6} e^6 \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\varphi - \frac{15}{2^6} \text{Sin.} 2\varphi + \frac{6}{2^6.2} \text{Sin.} 4\varphi - \frac{1}{2^6.3} \text{Sin.} 6\varphi\right) - \ldots$$

und wenn ae gegen a oder wenn e gegen die Einheit nur sehr klein ist, wie dieses gewöhnlich bei den Ellipsen der Fall ist, die man in der Astronomie und in andern physikalischen Problemen betrachtet, so convergirt diese Reihe sehr schnell, so daſs man sich daher mit ihren ersten Gliedern begnügen kann, um den Bogen $s = CM$ zu finden, der dem Winkel $CAM = \varphi$ entspricht. Um den Quadranten oder den vierten Theil des Umfangs der Ellipse zu erhalten, wird man in dem vorhergehenden Ausdrucke $\varphi = 90^\circ = \frac{1}{2}\pi$ setzen. Nimmt man dann die so erhaltene Gröſse viermal, so hat man für den Umfang der ganzen Ellipse den Ausdruck

$$2a\pi \left[1 - (\tfrac{1}{2}e)^2 - \tfrac{1}{3}\left(\frac{1.3}{2.4}e^2\right)^2 - \tfrac{1}{5}\left(\frac{1.3.5}{2.4.6}e^3\right)^2 - \tfrac{1}{7}\left(\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}e^4\right)^2 - \ldots\right].$$

Für $a = b$ oder für $e = 0$ erhält man den Umfang des Kreises vom Halbmesser a, der also gleich $2a\pi$ ist, wie bekannt.

Das Vorhergehende wird hinreichen, den Nutzen unserer Tafel bei den Rectificationen der Curven zu zeigen. Gehn wir nun zu der Bestimmung der ebenen Flächen über, welche diese Curven einschlieſsen. Diese Bestimmung wird gewöhnlich die *Quadratur* der Curven genannt.

B. Quadratur der Curven.

Diese wird, nach dem Vorhergehenden, durch die beiden allgemeinen Ausdrücke bestimmt:

$$\partial F = y \partial x \ldots \text{(B)}$$

oder auch für Polarcoordinaten

$$\partial F = \tfrac{1}{2} r^2 \partial \varphi \ldots \quad (B').$$

Indem wir nun hier dieselben Curven wieder durchgehn, wollen wir, zur Ersparung des Raumes, nur die Resultate der hierher gehörenden Rechnungen anführen.

1) Für den *Kreis* hat man wieder $x^2 + y^2 = a^2$, also auch, wenn $x = a \operatorname{Sin.} \varphi$ und $y = a \operatorname{Cos.} \varphi$ gesetzt wird, statt der Gleichung (B)

$$\partial F = a^2 \partial \varphi \operatorname{Cos.}^2 \varphi$$

und daher nach Tafel II. das Integral

$$F = \tfrac{1}{2} a^2 (\varphi + \tfrac{1}{2} \operatorname{Sin.} 2\varphi),$$

wenn F mit φ zugleich verschwindet.

Für $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ erhält man die Fläche des Quadranten gleich $\frac{1}{4} a^2 \pi$, also auch die Fläche des ganzen Kreises gleich $a^2 \pi$, wie bekannt.

2) Für die *Ellipse* ist

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

und

$$x = a \operatorname{Sin.} \varphi, \quad y = b \operatorname{Cos.} \varphi,$$

also auch die Gleichung (B)

$$\partial F = a b \partial \varphi \operatorname{Cos.}^2 \varphi$$

und daher nach Tafel II.

$$F = \tfrac{1}{2} a b \, (\tfrac{1}{2} \operatorname{Sin.} 2\varphi + \varphi),$$

wenn $F = 0$ für $\varphi = x = 0$ verschwindet. Nimmt man diesen Werth von F für $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ viermal, so erhält man für die Fläche der ganzen Ellipse den Ausdruck $ab\pi$. Ist $a = b$, so erhält man für die Fläche des Kreises $a^2 \pi$, wie zuvor.

3) Für die *Astrois* ist

$$x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}}$$

und

$$x = a \operatorname{Cos.}^3 \varphi, \text{ so wie } y = a \operatorname{Sin.}^3 \varphi,$$

also auch die Gleichung (B)

$$\partial F = - 3 a^2 \partial \varphi \operatorname{Sin.}^4 \varphi \operatorname{Cos.}^2 \varphi.$$

Es ist aber

$$\operatorname{Sin.}^4 \varphi = \tfrac{1}{8} (\operatorname{Cos.} 4\varphi - 4 \operatorname{Cos.} 2\varphi + 3)$$

und

$$\operatorname{Cos.}^2 \varphi = \tfrac{1}{2} (\operatorname{Cos.} 2\varphi + 1).$$

Digitized by Google

Multiplicirt man dieſe Ausdrücke und bemerkt man, daſs überhaupt

$$\text{Cos.}\,\alpha\,\text{Cos.}\,\beta = \tfrac{1}{2}\,\text{Cos.}(\alpha+\beta) + \tfrac{1}{2}\,\text{Cos.}(\alpha-\beta)$$

iſt, ſo erhält man

$$\partial F = \frac{3a^2}{32}\partial\varphi(\text{Cos.}2\varphi + 2\,\text{Cos.}4\varphi - \text{Cos.}6\varphi - 2)$$

und davon iſt das Integral nach Tafel II.

$$F = \frac{3a^2}{32}(\pi - \tfrac{1}{6}\,\text{Sin.}6\varphi + \tfrac{1}{2}\,\text{Sin.}4\varphi + \tfrac{1}{2}\,\text{Sin.}2\varphi - \varphi),$$

wenn F für $\varphi = 90°$, das heiſst, für $x = 0$ verſchwindet. Nimmt man dieſen Werth von F viermal, ſo erhält man für die ganze Fläche der Aſtrois den Ausdruck $\frac{3}{8}a^2\pi$.

4) Für die *Cykloide* war

$$x = a(\varphi - \text{Sin.}\varphi) \text{ und } y = a(1 - \text{Cos.}\varphi)$$

und damit giebt die Gleichung (B)

$$\partial F = a^2\partial\varphi(1 - 2\,\text{Cos.}\varphi + \text{Cos.}^2\varphi),$$

alſo auch nach Tafel II.

$$F = \tfrac{3}{2}a^2\varphi - 2a^2\,\text{Sin.}\varphi + \tfrac{1}{4}a^2\,\text{Sin.}2\varphi,$$

wenn F, φ und x zugleich verſchwinden. Dieſer Werth von F für $\varphi = \pi$ zweimal genommen giebt die Fläche der ganzen Cykloide gleich $3a^2\pi$, alſo dreimal ſo groſs, als die Fläche ihres erzeugenden Kreiſes.

5) Für die *Kettenlinie* hatten wir

$$\partial x = \frac{a\partial\varphi\,\text{Sin.}\varphi}{\text{Cos.}^2\varphi} \text{ und } \partial y = \frac{a\partial\varphi}{\text{Cos.}\varphi},$$

und da $x = \frac{a}{\text{Cos.}\varphi} - a$ iſt, ſo hat man auch

$$x\partial y = \frac{a^2\partial\varphi}{\text{Cos.}^2\varphi} - \frac{a^2\partial\varphi}{\text{Cos.}\varphi}$$

und davon iſt das Integral nach Tafel IV.

$$\int x\partial y = a^2\,\text{Tang.}\varphi - a^2\,\text{Log. Tang.}\frac{90° + \varphi}{2},$$

wenn dieſes Integral mit φ zugleich verſchwindet. Allein die allererſte der oben angeführten Gleichungen, aus der wir im Grunde alles Uebrige abgeleitet haben, iſt

$$\int y\partial x = xy - \int x\partial y,$$

alſo iſt auch, in Verbindung mit der Gleichung (B), die geſuchte Fläche $F = \int y\partial x$ der Kettenlinie

Digitized by Google

$$F = \frac{a^2}{\text{Cos.}\,\varphi}\,\text{Log.}\,\frac{1+\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Cos.}\,\varphi} - a^2.\,\text{Tang.}\,\varphi.$$

6) Für die *Lemniscate* MAN′M′ hat man die bekannte Gleichung Fig. 280.

$$(x^2+y^2)^2 = 2a^2(x^2-y^2),$$

wo $AP = x$ und $PM = y$ ist. Diese Gleichung kann auch so dargestellt werden:

$$y^2 = -a^2 - x^2 + a\sqrt{a^2+4x^2}.$$

Ist daher

$$x^2 = a^2\,(\text{Cos.}\,\varphi + \text{Cos.}^2\,\varphi),$$

so hat man

$$\sqrt{a^2+4x^2} = a\,(1+2\,\text{Cos.}\,\varphi)$$

und daher auch

$$y^2 = a^2\,(\text{Cos.}\,\varphi - \text{Cos.}^2\,\varphi).$$

Somit giebt die Gleichung (B)

$$\partial F = -\frac{a^2}{2}\,\partial\varphi\,\text{Sin.}\,\varphi\,[1+2\,\text{Cos.}\,\varphi].\sqrt{\frac{1-\text{Cos.}\,\varphi}{1+\text{Cos.}\,\varphi}},$$

oder da man überhaupt hat

$$\sqrt{\frac{1-\text{Cos.}\,\varphi}{1+\text{Cos.}\,\varphi}} = \frac{1-\text{Cos.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\varphi},$$

so ist auch

$$\partial F = \tfrac{1}{2}\,a^2\,\partial\varphi\,(2\,\text{Cos.}^2\,\varphi - \text{Cos.}\,\varphi - 1),$$

und davon ist das Integral nach Tafel II.

$$F = \tfrac{1}{2}\,a^2\,(1 - \text{Sin.}\,\varphi + \text{Sin.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi),$$

wenn F und x für $\varphi = 90^0$ verschwindet. Setzt man in diesem Ausdrucke $\varphi = 0$, so erhält man, da dann $x = AB = AC = a\sqrt{2}$ wird, für die Fläche ABM oder für den Quadranten der Curve den Ausdruck $\frac{1}{2}a^2$, also auch für die ganze Fläche der Lemniscate den Werth $2a^2$.

Ebenso leicht wird man auch die Quadratur der anderen oben angeführten Curven finden, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten, sondern sogleich zu der

C. Complanation der Flächen

übergehn, wobei wir uns zuerst nur auf die sogenannten Rotationsflächen beschränken, die durch die Drehung irgend einer Curve um eine gerade Linie entstehn, welche Gerade wir zugleich für die Axe der x annehmen.

Digitized by Google

1) Für die *Kugelfläche,* die durch Rotation eines Kreises um seinen Durchmesser entsteht, hat man, wie oben für den Kreis des Halbmessers a, die beiden Gleichungen

$$x = a\,\mathrm{Cos.}\,\varphi \text{ und } y = a\,\mathrm{Sin.}\,\varphi,$$

also auch

$$\partial s = \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2} = -a\,\partial\varphi,$$

mit negativem Zeichen, wenn s wächst, während φ abnimmt. Die obige allgemeine Gleichung für die Complanation der krummen Flächen war aber

$$\partial\Phi = 2\pi y\,\partial s \;.\;.\;.\; (C'),$$

also ist auch für die Kugel

$$\partial\Phi = -2a^2\pi\,\partial\varphi.\mathrm{Sin.}\,\varphi \text{ oder nach Tafel I.}$$

$$\Phi = 2a^2\pi\,\mathrm{Cos.}\,\varphi,$$

wenn nämlich Φ für $\varphi = 90^\circ$ verschwindet. Dieser Ausdruck für $\varphi = 0$ doppelt genommen giebt die Oberfläche der ganzen Kugel gleich $4a^2\pi$, wie bekannt.

2) Das sogenannte *verlängerte Sphäroid* entsteht durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre groſse Axe 2a. Die Gleichung der Ellipse ist aber

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

und daraus folgt

$$\partial s = \partial x\sqrt{\frac{a^2 - e^2x^2}{a^2 - x^2}},$$

wenn wieder $a^2e^2 = a^2 - b^2$ gesetzt wird. Demnach geht unsere allgemeine Gleichung (C′) für diesen speciellen Fall in die folgende über:

$$\partial\Phi = 2b\pi\,\partial x\sqrt{1 - \frac{e^2x^2}{a^2}}.$$

Setzt man aber

$$\frac{ex}{a} = \mathrm{Sin.}\,\varphi \text{ oder } \partial x = \frac{a}{e}\,\partial\varphi\,\mathrm{Cos.}\,\varphi,$$

so hat man

$$\partial\Phi = \frac{2ab\pi}{e}\partial\varphi\,\mathrm{Cos.}^2\varphi$$

und daher nach Tafel II.

$$\Phi = \frac{ab\pi}{e}.(\varphi + \mathrm{Sin.}\,\varphi\,\mathrm{Cos.}\,\varphi),$$

wenn Φ mit φ zugleich verschwindet. Will man diesen

Digitized by Google

Werth von Φ durch die Abscisse x ausdrücken, so hat man, da $ex = a\ \text{Sin.}\,\varphi$ ist,

$$\Phi = \frac{b\pi x}{a}\sqrt{a^2 - e^2x^2} + \frac{ab\pi}{e}\,\text{Arc. Sin.}\,\frac{ex}{a}.$$

Nimmt man dieses Integral von $x = 0$ bis $x = a$ doppelt, so erhält man für die Oberfläche des ganzen verlängerten Sphäroids den Ausdruck

$$2b^2\pi + \frac{2ab\pi}{e}\,\text{Arc. Sin.}\,e.$$

Für $e = 0$ oder $a = b$ giebt der letzte Ausdruck die Oberfläche der Kugel gleich $4a^2\pi$, wie zuvor.

3) *Das abgeplattete Sphäroid* aber entsteht, wenn eine Ellipse um ihre kleine Axe 2b gedreht wird. Die Gleichung

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1$$

giebt sofort mittelst der Gleichung (C′)

$$\Phi = 2a\pi\int\partial x\sqrt{1 + \frac{a^2e^2x^2}{b^4}}.$$

Setzt man aber

$$\frac{aex}{b^2} = \sqrt{-1}\,.\,\text{Sin.}\,\varphi,\ \text{also auch}\ \partial x = \frac{b^2}{ae}\sqrt{-1}\,.\,\partial\varphi\,\text{Cos.}\,\varphi,$$

so erhält man

$$\partial\Phi = \frac{2b^2\pi}{e}\sqrt{-1}\,.\,\partial\varphi\,\text{Cos.}^2\,\varphi,$$

und davon ist das Integral nach Tafel II.

$$\Phi = \frac{b^2\pi}{e}\sqrt{-1}\,.\,(\varphi + \text{Sin.}\,\varphi\ \text{Cos.}\,\varphi).$$

Man hat aber allgemein

$$\varphi\sqrt{-1} = \text{Log. nat.}\ (\text{Cos.}\,\varphi + \sqrt{-1}\,.\,\text{Sin.}\,\varphi),$$

also ist auch, wenn man die Werthe von φ und von Sin. φ Cos. φ wieder durch x ausdrückt,

$$\Phi = \frac{a\pi x}{b^2}\,.\,M + \frac{b^2\pi}{e}\,.\,\text{Log.}\,\frac{aex + M}{b^2} + \text{Const.},$$

wo der Kürze wegen

$$M = \sqrt{b^4 + a^2e^2x^2}$$

geſetzt worden ist und wo man in der Gröſse nach dem Logarithmuszeichen auch den constanten Nenner b^2 ganz weglassen kann, da er ohnehin in der Constante der Integration enthalten seyn kann. Soll dann Φ mit x zugleich verschwinden, so ist

Digitized by Google

$$\text{Const.} = -\frac{2b^2\pi}{e}\,\text{Log.}\,b.$$

Setzt man endlich in dem so erhaltenen Ausdrucke zuerst $x = +b$ und dann $x = -b$, so giebt die Differenz beider Werthe für die gesuchte Oberfläche des ganzen abgeplatteten Sphäroids den Ausdruck

$$2a^2\pi + \frac{b^2\pi}{e}.\text{Log.}\frac{1+e}{1-e}.$$

Für $e = 0$ oder $a = b$ wird der letzte Ausdruck gleich $4a^2\pi$, der oben für die Kugel erhalten wurde.

4) *Rotationskörper der Astrois.* Setzt man für diese Curve, wie oben,

$$x = a\,\text{Cos.}^3\varphi \text{ und } y = a\ \text{Sin.}^3\varphi$$

so erhält man

$$\partial s = -3a\,\partial\varphi\,\text{Sin.}\varphi\,\text{Cos.}\varphi$$

und daher auch für die gesuchte Oberfläche

$$\partial\Phi = -6a^2\pi\,\partial\varphi\,\text{Sin.}^4\varphi\,\partial\varphi$$

und damit das Integral nach Taf. I. oder auch nach der einfachen Bemerkung, daſs

$$\partial\varphi\,\text{Cos.}\varphi\,\text{Sin.}^4\varphi = \partial.\tfrac{1}{5}\,\text{Sin.}^5\varphi$$

ist,

$$\Phi = \tfrac{6}{5}a^2\pi\,(1 - \text{Sin.}^5\varphi),$$

wenn Φ für $\varphi = 90^0$ verschwindet. Dieser Ausdruck für $\varphi = 0$ doppelt genommen giebt für die Oberfläche des Körpers, welcher durch Rotation der ganzen Astrois um die Axe der x entsteht, den Werth $\frac{12}{5}a^2\pi$.

5) Für die *Cykloide* hatten wir oben die beiden Gleichungen:

$$x = a(\varphi - \text{Sin.}\varphi) \text{ und } y = a(1 - \text{Cos.}\varphi),$$

also ist auch

$$y\partial s = a^2\,\partial\varphi\left(3\,\text{Sin.}\tfrac{1}{2}\varphi - \text{Sin.}\frac{3\varphi}{2}\right),$$

wovon das Integral nach Tafel I. ist

$$\Phi = 2\pi\int y\,\partial s = 2a^2\pi\left(\tfrac{2}{3}\,\text{Cos.}\tfrac{1}{2}\varphi - 6\,\text{Cos.}\tfrac{1}{2}\varphi + \frac{16}{3}\right),$$

wenn Φ mit φ zugleich verschwindet. Dieses ist also die Fläche, die durch Rotation des Bogens AM der Cykloide um
Fig. 274. die Axe AB entsteht. Nimmt man diesen Ausdruck für

$\varphi = 180^0$ doppelt, so erhält man für die ganze so entstehende Fläche

$$\Phi = \frac{64}{3} a^2 \pi.$$

Wenn sich aber der Bogen DM um die Tangente DE der Cykloide in ihrem höchsten Puncte D dreht, so hat man für die Gleichungen dieser Curve

$$x = a(\varphi + \text{Sin.}\,\varphi) \text{ und } y = a(1 - \text{Cos.}\,\varphi),$$

also auch

$$\partial s = 2a\,\partial\varphi\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi,$$

und daher

$$\Phi' = \frac{16a^2\pi}{3}\,\text{Sin.}^3\tfrac{1}{2}\varphi,$$

wenn Φ' mit φ zugleich verschwindet. Nimmt man diesen Ausdruck für $\varphi = 180^\circ$ doppelt, so erhält man für die ganze Fläche, die durch die Rotation des Bogens ADB um die Axe DE entsteht,

$$\Phi' = \frac{32}{3} a^2 \pi.$$

Wenn sich ferner der Bogen der Cykloide um die Axe CD dreht, so hat man wieder

$$x = a(1 - \text{Cos.}\,\varphi) \text{ und } y = a(\varphi + \text{Sin.}\,\varphi),$$

also auch

$$y\,\partial s = 2a^2\,\partial\varphi.(\varphi + \text{Sin.}\,\varphi)\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi,$$

so daſs man daher erhält

$$\Phi'' = 4a^2\pi\int(\varphi\,\partial\varphi\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi + \tfrac{1}{2}\partial\varphi\,\text{Sin.}\,\tfrac{3}{2}\varphi + \tfrac{1}{2}\partial\varphi\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi),$$

und dieses Integral geht nach Tafel VII. und VIII. über in

$$\Phi'' = 16a^2\pi.[\tfrac{1}{2}\varphi\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi + \text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi - \tfrac{1}{3}\text{Cos.}^2\tfrac{1}{2}\varphi - \tfrac{2}{3}],$$

wenn Φ'' mit φ zugleich verschwindet. Für $\varphi = 180^0$ erhält man daher

$$\Phi'' = 8a^2\pi(\pi - \tfrac{4}{3})$$

und dieses ist die Oberfläche des Körpers, der durch Rotation des halben Bogens DMA der Cykloide um die Axe CD entsteht. Wenn sich endlich der Bogen AD um die Tangente AE in dem Anfangspuncte A dreht, so ist wieder

$$x = a(1 - \text{Cos.}\,\varphi) \text{ und } y = a(\varphi - \text{Sin.}\,\varphi),$$

also auch

$$\partial s = a\,\partial\varphi\sqrt{2 - 2\,\text{Cos.}\,\varphi},$$

und daher

$$\int y\,\partial s = 2a^2\,(4\,\mathrm{Sin.}\tfrac{1}{2}\varphi - 2\varphi\,\mathrm{Cos.}\tfrac{1}{2}\varphi - \tfrac{4}{3}\,\mathrm{Sin.}^3\tfrac{1}{2}\varphi),$$

wenn dieses Integral mit φ zugleich verschwindet, so daſs man also hat

$$\Phi''' = 4a^2\pi(4\,\mathrm{Sin.}\tfrac{1}{2}\varphi - 2\varphi\,\mathrm{Cos.}\tfrac{1}{2}\varphi - \tfrac{4}{3}\,\mathrm{Sin.}^3\tfrac{1}{2}\varphi).$$

Für $\varphi = 360°$ giebt dieser Ausdruck

$$\Phi''' = 16a^2\pi$$

für die Oberfläche des Körpers, der durch Rotation des ganzen Bogens A D B der Cykloide um die Tangente derselben in A oder B entsteht. Diese Oberfläche ist demnach gleich der Fläche eines Kreises, dessen Halbmesser gleich $4a\sqrt{\pi}$ ist.

D. Cubatur der Körper.

Wir gelangen nun zu der Bestimmung des eigentlichen Volumens V der Körper, die wir, wenn diese Körper wieder durch Rotation einer Curve um die Axe der x entstanden sind, nach der obigen Gleichung

$$V = \pi\int y^2\,\partial x \;\ldots\; (D')$$

vornehmen wollen.

Bemerken wir zuerst, daſs für die von Ebenen begrenzten Körper das Volumen derselben aus der Elementargeometrie bekannt ist, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten. Das Volumen eines Parallelepipedums, so wie jedes Prisma's ist gleich dem Producte der Basis desselben in seine Höhe, und dasselbe gilt auch von den Cylindern. Das Volumen jeder Pyramide, so wie jedes Kegels ist gleich dem dritten Theile des Products der Basis in die Höhe. Bei ähnlichen Körpern verhalten sich überhaupt die Volumina, wie die Würfel ihrer homologen Seiten, also z. B. die Volumina der Kugeln wie die Würfel ihrer Durchmesser.

1) Da die *Kugel* aus der Umdrehung einer Kreisfläche um ihren Durchmesser entsteht, so hat man, wie oben, für den Kreis

$$x = a\,\mathrm{Sin.}\varphi \text{ und } y = a\,\mathrm{Cos.}\varphi,$$

woraus sofort für das Volumen V der Kugel folgt

$$\partial V = a^3\pi\,\partial\varphi\,\mathrm{Cos.}^3\varphi$$

Digitized by Google

und hieraus

$$V=\frac{a^3\pi}{4}\quad \text{Sin.}\,\varphi+\tfrac{1}{3}\,\text{Sin.}\,3\,\varphi)$$

oder

$$V=a^3\pi\,(\text{Sin.}\,\varphi-\tfrac{1}{3}\,\text{Sin.}^3\,\varphi),$$

wenn V mit φ zugleich verschwindet. Dieser Ausdruck für $\varphi=90^0$ doppelt genommen giebt für das Volumen der ganzen Kugel $\frac{4}{3}a^3\pi$, wie bekannt.

2) Für das *verlängerte Sphäroid* hat man, wie zuvor,

$$x=a\,\text{Sin.}\,\varphi \text{ und } y=b\,\text{Cos.}\,\varphi,$$

wo a die groſse Halbaxe und zugleich die Rotationsaxe der das Sphäroid erzeugenden Ellipse bezeichnet. Dieses giebt

$$\partial V=a\,b^2\pi\,.\,\partial\varphi\,\text{Cos.}^3\varphi,$$

also auch das Integral nach Tafel II.

$$V=\frac{a\,b^2\pi}{4}(3\,\text{Sin.}\,\varphi+\tfrac{1}{3}\,\text{Sin.}3\,\varphi).$$

Für $\varphi=90^\circ$ erhält man das Volumen des ganzen verlängerten Sphäroids $\frac{4}{3}a\,b^2\pi$.

3) Für das *abgeplattete Sphäroid* im Gegentheile ist

$$x=b\,\text{Sin.}\,\varphi \text{ und } y=a\ \text{Cos.}\,\varphi,$$

also auch

$$\partial V=a^2\,b\,\pi\,\partial\varphi\,\text{Cos.}^3\varphi$$

und daher

$$V=\frac{a^2\,b\,\pi}{4}\,(3\,\text{Sin.}\,\varphi+\tfrac{1}{3}\,\text{Sin.}\,3\,\varphi).$$

Für $\varphi=90^\circ$ erhält man das Volumen des ganzen abgeplatteten Sphäroids $\frac{4}{3}a^2\,b\pi$. Das Volumen des verlängerten Sphäroids verhält sich daher zu dem des abgeplatteten, wie b zu a. Setzt man in dem Endausdrucke von N. 2 und 3 die Gröſse $a=b$, so erhält man $V=\frac{4}{3}a^3\pi$ für die Kugel, wie zuvor.

4) Um überhaupt das Volumen derjenigen Körper zu finden, die durch die Umdrehung eines Kegelschnitts um seine Axe entstehn, hat man für die allgemeine Gleichung dieser Curven der zweiten Ordnung die Gleichung

$$y^2=2\,p\,x-\frac{p\,x^2}{a},$$

wo MAN die Curve, $AP=x$ die Rotations- und Abscissenaxe und $PM=y$ die auf AP senkrechte Ordinate bezeich- Fig. 281.

net und wo $p = \frac{b^2}{a}$ der sogenannte halbe Parameter FG oder die Ordinate in dem Brennpuncte F des Kegelschnitts ist. Setzt man hier $x = a\ \mathrm{Sin.}\varphi$, so erhält man

$$y^2 = 2ap\,\mathrm{Sin.}\varphi - ap\,\mathrm{Sin.}^2\varphi,$$

also auch

$$\partial V = a^2 p\pi\,\partial\varphi\,(\mathrm{Sin.}2\varphi - \mathrm{Sin.}^2\varphi\,\mathrm{Cos.}\varphi).$$

Davon ist aber das Integral nach Tafel I. und II., wenn V mit φ zugleich verschwindet,

$$V = a^2 p\pi\,\mathrm{Sin.}^2\varphi\,.\,(1 - \tfrac{1}{3}\,\mathrm{Sin.}\varphi)$$

oder auch

$$V = p\pi x^2 \left(1 - \frac{x}{3a}\right).$$

Ist a unendlich groſs, so erhält man für das *parabolische Konoid*, das durch die Umdrehung der Parabel $y^2 = 2px$ um die Abscissenaxe entsteht, den Ausdruck

$$V = p\pi x^2.$$

Für das *elliptische Konoid* oder für das bereits oben betrachtete verlängerte Sphäroid ist a positiv und $p = \frac{b^2}{a}$, also auch

$$V = \frac{b^2\pi x^2}{a}\left(1 - \frac{x}{3a}\right),$$

welcher Ausdruck für $x = 2a$ das Volumen des ganzen Sphäroids gleich $\frac{4}{3}ab^2\pi$ giebt, wie zuvor. Setzt man endlich die Gröſse a gleich $-a$, so erhält man für das *hyperbolische Konoid*, das durch die Rotation der Hyperbel um ihre groſse Axe entsteht, den Ausdruck

$$V = \frac{b^2\pi x^2}{a^2}(ax + \tfrac{1}{3}x^3).$$

5) Suchen wir nun ebenso das Volumen derjenigen Körper, die durch Rotation der *Cykloide* um irgend eine gerade
Fig. 274. Linie entstehn. Wenn sich diese Curve um die Gerade AB dreht, so hat man, wenn $AP = x$ und $PM = y$ ist, wie zuvor,

$$x = a(\varphi - \mathrm{Sin.}\varphi) \text{ und } y = a(1 - \mathrm{Cos.}\varphi),$$

also auch

$$y^2\partial x = a^3\partial\varphi(1 - 3\,\mathrm{Cos.}\varphi + 3\,\mathrm{Cos.}^2\varphi - \mathrm{Cos.}^3\varphi),$$

und davon ist das Integral, wenn dasselbe zugleich mit φ verschwinden soll,

$$\int y^2 \partial x = a^3 \left(\frac{5\varphi}{2} - \frac{15}{4}\,\mathrm{Sin.}\,\varphi + \tfrac{3}{4}\,\mathrm{Sin.}\,2\varphi - \tfrac{1}{12}\,\mathrm{Sin.}\,3\varphi\right),$$

woraus folgt, daſs das Volumen jedes Theils des so entstandenen Körpers zum Ausdruck hat

$$V = \frac{a^3\pi}{12}(30\varphi - 45\,\mathrm{Sin.}\,\varphi + 45\,\mathrm{Sin.}\,2\varphi - \mathrm{Sin.}\,3\varphi).$$

Nimmt man diesen Ausdruck für $\varphi = \pi$ doppelt, so erhält man für das Volumen des Körpers, der durch Rotation der ganzen Cykloide ADB um AB entsteht,

$$V = 5a^3\pi^2.$$

Wenn sich aber diese Cykloide um die Tangente DE des höchsten Punctes D dreht, so hat man

$$x = a(\varphi + \mathrm{Sin.}\,\varphi) \text{ und } y = a(1 - \mathrm{Cos.}\,\varphi),$$

also ist auch

$$V = \pi\int y^2 \partial x = \frac{a^3\pi}{12}(6\varphi - 3\,\mathrm{Sin.}\,\varphi - 3\,\mathrm{Sin.}\,2\varphi + \mathrm{Sin.}\,3\varphi).$$

Dieser Ausdruck für $\varphi = \pi$ doppelt genommen giebt

$$V' = a^3\pi^2$$

für den Körper, der durch Rotation der ganzen Fläche AMDB um die Axe DE entsteht, welcher Körper demnach dieser Axe seine convexe Seite zuwendet. Es ist demnach, wenn man diesen Werth V' mit dem vorhergehenden V vergleicht, $V = 5\,V'$. Wenn aber das Rechteck, dessen zwei Seiten AB und AE sind, um dieselbe Axe DE gedreht wird, so entsteht ein Cylinder, dessen Volumen gleich $8a^3\pi^2$ ist. Zieht man davon das Volumen $V' = a^3\pi^2$ ab, so erhält man

$$7a^3\pi^2$$

für das Volumen desjenigen Körpers, der durch Rotation der Fläche AMDBCA um die Axe DE entsteht.

Wenn sich ferner die Cykloide um die Axe CD dreht, so hat man

$$x = a(1 - \mathrm{Cos.}\,\varphi) \text{ und } y = a(\varphi + \mathrm{Sin.}\,\varphi),$$

also ist auch

$$y^2 \partial x = a^3 \partial\varphi(\varphi^2\,\mathrm{Sin.}\,\varphi + 2\varphi\,\mathrm{Sin.}^2\,\varphi + \mathrm{Sin.}^3\,\varphi)$$

und daher das Volumen des auf diese Art entstehenden Körpers

$$V'' = a^3\pi[\varphi^2(\tfrac{1}{2} - \mathrm{Cos.}\,\varphi) + 2\varphi(\mathrm{Sin.}\,\varphi - \mathrm{Sin.}\,2\varphi)$$
$$+ \tfrac{3}{4}\,\mathrm{Cos.}\,\varphi - \mathrm{Cos.}\,2\varphi + \tfrac{1}{12}\,\mathrm{Cos.}\,3\varphi - \tfrac{1}{3}].$$

Für $\varphi = \pi$ giebt dieser Ausdruck

Digitized by Google

$$V'' = \frac{3a^3\pi}{2}\left(\pi^2 - \frac{16}{9}\right)$$

für das Volumen des Körpers, der durch Rotation der Fläche AMDC um die Axe CD entsteht. Wenn sich endlich die cykloidische Fläche um die Tangente AE im Scheitel A dreht, so ist

$$x = a(1 - \text{Cos.}\,\varphi) \text{ und } y = a(\varphi - \text{Sin.}\,\varphi),$$

also auch das Volumen des so entstehenden Körpers

$$V''' = a^3\pi\left[\tfrac{5}{4}\,\text{Cos.}\,\varphi + \tfrac{1}{4}\,\text{Cos.}\,2\varphi + \tfrac{1}{12}\,\text{Cos.}\,3\varphi - \tfrac{19}{12}\right]$$
$$+ a^3\pi\left[2\varphi\,\text{Sin.}\varphi - \tfrac{1}{2}\varphi\,\text{Sin.}\,2\varphi - \varphi^2\left(\tfrac{1}{2} + \text{Cos.}\,\varphi\right)\right].$$

Für $\varphi = 2\pi$ erhält man

$$V''' = 6a^3\pi^3,$$

und dieses ist das Volumen des Körpers, der durch Rotation der ganzen Fläche AMDB um die Axe AE entsteht. Auſserdem hat man zwischen diesen verschiedenen Körpern die Gleichung

$$V''' = 6\pi V' = \tfrac{6}{5}\pi V.$$

Um zu sehen, mit welcher Leichtigkeit man diese Integrale mit Hülfe der kleinen Tafel erhält, die wir oben aufgestellt haben, kann man damit das Cap. V. des ersten Buchs der Mécanique von Poisson, zweite Auflage, p. 121—168. vergleichen, wo nur einige dieser die Cykloide betreffenden Integrale auf die gewöhnliche Weise und nicht ohne besondere complicirte Kunstgriffe gefunden werden können. Zugleich ersieht man leicht, daſs dasselbe Verfahren sich nicht bloſs auf solche Flächen und Körper, die durch Rotation um die Axe der x entstanden sind, sondern auch sofort auf alle diejenigen ausdehnen läſst, die in Beziehung auf irgend eine gerade, durch diese Körper gehende Linie zu beiden Seiten dieser Linie *symmetrisch* gebaut sind. Bezeichnet nämlich AB eine solche gerade Linie und heiſst X die Fläche des auf diese Linie senkrechten Schnitts MN oder mn, so läſst sich auch hier, wie oben bei den Rotationskörpern, der um die Axe AB symmetrische Körper als aus unendlich dünnen Cylindern bestehend betrachten, von welchen die (hier nicht mehr kreisförmige) Basis jener Schnitt X und die Höhe ∂x ist, wenn man nämlich die Linie AB zugleich für die Axe der x angenommen hat, was immer unserer Willkür überlassen bleibt.

Fig. 268.

Dieses vorausgesetzt wird man dann für das gesuchte Volumen V des Körpers den Ausdruck haben

$$V = \int X \partial x.$$

Wenden wir dieses sogleich auf das Ellipsoid mit drei Axen 2a, 2b und 2c an, dessen Gleichung zwischen den drei rechtwinkligen Coordinaten bekanntlich ist:

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

Wird diese Fläche durch eine auf die Axe der x senkrechte Ebene geschnitten, so wird dieser Schnitt, dessen Fläche durch X dargestellt ist, die Gestalt einer Ellipse haben, und da man allgemein hat

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 - \frac{x^2}{a^2},$$

so sieht man, wenn man diese Gleichung mit der allgemeinen Gleichung der Ellipse

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$$

zusammenstellt, daſs die Halbaxen jenes elliptischen Schnittes sind:

$$b.\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \text{ und } c.\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}},$$

so daſs man daher für die Fläche dieses Schnittes nach dem Vorhergehenden den Ausdruck haben wird

$$X = bc\pi.\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right).$$

Setzt man also wieder $x = a \operatorname{Cos.} \varphi$, so erhält man

$$X = bc\pi \operatorname{Sin.}^2 \varphi$$

und

$$\partial V = - abc\pi \partial \varphi \operatorname{Sin.}^3 \varphi,$$

wovon das Integral nach Tafel I. ist

$$V = \tfrac{1}{4} abc\pi (3 \operatorname{Cos.} \varphi - \tfrac{1}{3} \operatorname{Cos.} 3\varphi)$$

oder auch

$$V = abc\pi (\operatorname{Cos.} \varphi - \tfrac{1}{3} \operatorname{Cos.}^3 \varphi),$$

wenn V für $\varphi = 90°$ verschwindet. Dieser Ausdruck für $\varphi = 0$ doppelt genommen giebt das Volumen des *Sphäroids mit drei Axen* gleich

$$V = \tfrac{4}{3} abc\pi.$$

Ist $b = c$, so erhält man aus der letzten Gleichung das Volumen des verlängerten Sphäroids gleich $\frac{4}{3} a b^2 \pi$; ist aber $a = c$, so hat man für das abgeplattete Sphäroid $\frac{4}{3} a^2 b \pi$, und ist endlich $a = b = c$, so erhält man für das Volumen der Kugel den Ausdruck $\frac{4}{3} a^3 \pi$, alles mit dem Vorhergehenden übereinstimmend.

E. Statische Bestimmung der Oberfläche und des Volumens der Körper.

Nehmen wir nun an, daſs die krumme Linie, durch deren Rotation um die Axe der x eine Fläche erzeugt werden soll, um irgend einen *inneren* Punct derselben nach allen Richtungen von diesem Puncte aus symmetrisch gekrümmt ist, so daſs einem jeden Elemente der Curve auf der einen Seite dieses Punctes ein ebenso weit von diesem Puncte entferntes zweites Element auf der anderen entgegengesetzten Seite dieses Punctes entspreche, zwischen welchen beiden Elementen daher jener Punct in der Mitte liegen muſs. Da dasselbe, wegen des vorausgesetzten symmetrischen Baues der ganzen Curve, von jedem correspondirenden Elementenpaare der Curve in Beziehung auf jenen inneren Punct gelten soll, so wird dieser Punct als der *Mittelpunct* der ganzen Curve zu betrachten seyn, wie dieses z. B. bei dem Kreise, der Ellipse, der
Fig. 282. Astrois u. u. w. der Fall ist. Sey MNM′ eine solche symmetrische Curve und C ihr Mittelpunct, so wie MCM′ irgend eine durch diesen Mittelpunct gehende Sehne oder ein Durchmesser der Curve. Man ziehe in der Ebene dieser Curve, *auſser* derselben, die Gerade PAP′ in einer willkürlichen Richtung und nehme diese Gerade für die Axe der x, so daſs die von den Puncten M, C, M′... auf diese Gerade gefällten Lothe die Ordinaten dieser Curve bezeichnen. Noch sey CQ und M′Q′ mit der Abscissenaxe PP′ parallel. Da für die symmetrische Curve, der Voraussetzung gemäſs, die Distanz der beiden Puncte M und M′ von dem Mittelpuncte C gleich groſs oder da $CM = CM'$ ist, so hat man auch in den beiden rechtwinkligen Dreiecken CMQ und CM′Q′ die Seite $QM = Q'C$. Bezeichnet man daher durch y die Ordinaten PM und PM′ von je zwei zusammengehörenden Puncten M

und M' der Curve und nennt man Y die Ordinate AC des Mittelpunctes C, so hat man

$$PM = AC + QM$$

und

$$P'M' = AC - Q'C,$$

also auch, wenn man diese beiden Gleichungen addirt, da $PM = P'M' = y$ und $AC = Y$ ist,

$$y = Y,$$

und daher auch, da das Element $\partial s = \sqrt{\partial x^2 + \partial y^2}$ des Bogens der Curve in dem Puncte M dasselbe, wie in M', ist,

$$y \partial s = Y \partial s.$$

Nimmt man aber die Summe aller dieser Ausdrücke für jedes Punctenpaar der Curve, so hat man

$$\int y \partial s = \int Y \partial s$$

oder, da $Y = AC$ eine constante Gröſse und da $\int \partial s = s$ ist, wo s den Umfang der ganzen Curve bezeichnet,

$$\int y \partial s = Ys.$$

Nach dem Vorhergehenden ist aber die Oberfläche Φ eines Rotationskörpers, dessen Drehungsaxe zugleich die Axe der x ist, gleich

$$\Phi = 2\pi \int y \partial s,$$

also ist auch, wenn man in dieser Gleichung den Werth des Integrals $\int y \partial s$ aus der vorhergehenden Gleichung substituirt,

$$\Phi = 2\pi . YS \ . \ . \ . \quad (E)$$

wo S den Umfang der ganzen Curve und Y den senkrechten Abstand ihres Mittelpuncts von der Rotationsaxe bezeichnet.

Man sieht aus dieser Darstellung, daſs der erhaltene Werth von Φ immer derselbe bleibt, welche Lage auch die Curve um ihren Mittelpunct C einnimmt, wenn nur die senkrechte Distanz y ihres Mittelpuncts von der Drehungsaxe nicht geändert wird. Derselbe Schluſs wird sich aber auch auf das Volumen derjenigen Körper anwenden lassen, welche durch Rotation der Fläche einer solchen symmetrischen Curve um irgend eine Axe PP' entstehn. Wie nämlich nach der Gleichung (E) die Oberfläche dieser Körper als das Product des Umfangs S der Curve in die Peripherie $2\pi Y$ des Kreises, dessen Halbmesser Y ist, betrachtet wurde, so wird auch das Volumen V derselben Körper durch das Product der Fläche F

dieser Curve (welche Gröſse F wir oben gesucht haben) in die Peripherie $2\pi Y$ desselben Kreises dargestellt werden, so daſs man demnach für das Volumen dieser Körper den Ausdruck haben wird:

$$V = 2\pi . YF \ldots \quad (F)$$

In der Statik oder in der Lehre von dem Gleichgewichte der Körper wird dieser Mittelpunct bekanntlich der *Schwerpunct* der Curven oder der Flächen genannt.

Gehn wir nun zu der Anwendung dieser beiden einfachen Gleichungen über und betrachten wir zuerst einige einfache geradlinige Figuren.

I. Für Körper, die durch Rotation eines *regelmäſsigen Dreiecks* entstehn, sey a der Halbmesser des diesem regelmäſsigen, d. h. gleichseitigen, Dreiecke umschriebenen Kreises, so ist bekanntlich die Seite dieses Dreiecks gleich $a\sqrt{3}$, also ist auch der Umfang S und die Oberfläche *F* dieses Dreiecks

$$S = 3a\sqrt{3} \text{ und } F = \tfrac{3}{4}a^2\sqrt{3}.$$

Nennt man also $Y = d$ die senkrechte Distanz des Mittelpuncts des Dreiecks von seiner Rotationsaxe, so hat man für die Oberfläche Φ und für das Volumen V des Körpers, der durch Rotation des gleichseitigen Dreiecks um jene Axe entsteht, nach den beiden allgemeinen Gleichungen (E) und (F)

$$\Phi = 6ad\pi\sqrt{3}$$

und

$$V = \tfrac{3}{2}a^2 d\pi\sqrt{3}.$$

Fig. 283. Dreht sich also z. B. das Dreieck ABC um eine durch seinen Scheitel C gehende, mit der Basis AB parallele Axe, so ist $d = a$, also auch

$$\Phi' = 6a^2\pi\sqrt{3} \text{ und } V' = \tfrac{3}{2}a^3\pi\sqrt{3},$$

oder auch, wenn $b = a\sqrt{3}$ die Seite des Dreiecks bezeichnet,

$$\Phi' = 2b^2\pi\sqrt{3} \text{ und } V' = \tfrac{1}{2}b^3\pi.$$

Dreht sich aber dasselbe Dreieck um seine Basis AB, so ist $d = \tfrac{1}{2}a$ und daher

$$\Phi'' = 3a^2\pi\sqrt{3} = b^2\pi\sqrt{3}$$

und

$$V'' = \tfrac{3}{4}a^3\pi\sqrt{3} = \tfrac{1}{4}b^3\pi.$$

II. Für die Rotation des *regelmäſsigen Vierecks* sey a der Halbmesser des dem Quadrate umschriebenen Kreises, so ist die Seite des Quadrats $b = a\sqrt{2}$ und der Umfang $S = 4a\sqrt{2}$, so wie die Fläche desselben $F = 2a^2$. Bezeichnet also wieder hier und in der Folge d den senkrechten Abstand des Mittelpuncts der Figur von der Rotationsaxe, so ist

$$\Phi = 8 a d \pi \sqrt{2} \text{ und } V = 4 a^2 d \pi.$$

Dreht sich also das Quadrat ABCD um eine seiner Seiten AB, so ist $d = \frac{a}{\sqrt{2}}$ und daher Fig. 284.

$$\Phi' = 8 a^3 \pi = 4 b^2 \pi,$$
$$V' = 2 a^3 \pi \sqrt{2} = b^3 \pi.$$

Dreht sich aber das Quadrat um eine Gerade ab, die durch eine Spitze A des Quadrats parallel mit der Diagonale BD geht, so hat man $d = a$ und daher Fig. 285.

$$\Phi'' = 8 a^2 \pi \sqrt{2} = 4 b^2 \pi \sqrt{2}$$

und

$$V'' = 4 a^3 \pi = b^3 \pi \sqrt{2}.$$

III. Ebenso hat man für die Rotation des regelmäſsigen *Fünfecks*, wenn wieder a den Halbmesser des ihm umschriebenen Kreises bezeichnet, für die Seite des Fünfecks den Ausdruck

$$a\sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}},$$

also auch für den Umfang

$$S = 5 a \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}$$

und für die Fläche des Fünfecks

$$F = \frac{5a^2}{4}\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}.$$

Damit erhält man aber für die Oberfläche Φ und das Volumen V des durch Rotation des Fünfecks entstandenen Körpers

$$\Phi = 10 a d \pi \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}$$

und

$$V = \frac{5}{2} a^2 d \pi \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}.$$

Digitized by Google

Wird dieses Fünkeck z. B. um eine seiner Seiten gedreht, so ist $d = \frac{1}{4} a(1+\sqrt{5})$, also auch

$$\Phi' = 5 a^2 \pi \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}$$

und

$$V' = \frac{5}{4} a^3 \pi \sqrt{5+2\sqrt{5}}.$$

Wird aber das Fünfeck um eine Gerade gedreht, die durch eine Spitze des Polygons geht und auf den Radius desselben senkrecht steht, so ist $d = a$ und daher

$$\Phi'' = 10 a^2 \pi \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}$$

und

$$V'' = \frac{5}{2} a^3 \pi \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}.$$

IV. Gehn wir nun auch zu einigen krummlinigen Figuren über und betrachten wir unter diesen zuerst die einfachste oder den *Kreis*. Ist a der Halbmesser desselben, so hat man für den Umkreis S und für die Fläche F dieser Figur die bekannten Ausdrücke

$$S = 2 a \pi \text{ und } F = a^2 \pi.$$

Wird also dieser Kreis um eine auſser ihm liegende Axe gedreht und heiſst d der senkrechte Abstand des Mittelpuncts von dieser Axe, so hat man für die Oberfläche Φ und für das Volumen V des so entstehenden Körpers

$$\Phi = 4 a d \pi^2 \text{ und } V = 2 a^2 d \pi^2 \text{ oder } V = \tfrac{1}{2} a \Phi.$$

Ist daher $d = a$ oder wird der Kreis um eine seiner Tangenten gedreht, so ist

$$\Phi' = 4 a^2 \pi^2 \text{ und } V' = 2 a^3 \pi^2.$$

V. Die Fläche der Ellipse, deren Halbaxen a und b sind, wurde oben gleich $F = a b \pi$ gefunden. Wird daher diese Ellipse um ihre Tangente im Endpuncte der groſsen Axe gedreht, so ist $d = a$ und demnach

$$V = 2 a^2 b \pi^2.$$

Wird sie aber um ihre Tangente im Endpuncte der kleinen Axe gedreht, so ist $d = b$ und daher

$$V = 2 a b^2 \pi^2.$$

Digitized by Google

Setzt man in den beiden letzten Ausdrücken $a = b$, so erhält man

$$V = 2 a^3 \pi^2$$

für die Rotation des Kreises um seine Tangente.

VI. Für die Fläche der Lemniscate haben wir oben die Fläche $F = 2a^2$ gefunden, wo $AB = AC = a\sqrt{2}$ ist. Geht Fig.
also die Drehungsaxe durch den Scheitel B senkrecht auf BC, 280.
so ist $Y = ab = a\sqrt{2}$ und daher auch das Volumen des durch die Rotation dieser Curve entstandenen Körpers

$$V = 2\pi . YF = 4 a^3 \pi . \sqrt{2}.$$

VII. Für die Rotation der Astrois wurde oben der Umfang $S = 6a$ und die Fläche $F = \frac{3a^2\pi}{8}$ gefunden. Ist also wieder d der senkrechte Abstand des Mittelpuncts A der Astrois Fig.
von der Rotationsaxe, so hat man 272.

$$\Phi = 12 a d \pi \text{ und } V = \tfrac{3}{4} a^2 d \pi^2.$$

Wird also die Astrois um eine Gerade gedreht, die durch den Punct D oder E parallel mit der Abscissenaxe BC geht, so ist $d = a$ und daher

$$\Phi' = 12 a^2 \pi \text{ und } V' = \tfrac{3}{4} a^3 \pi^2.$$

Geht aber die Rotationsaxe durch zwei benachbarte Spitzen C und E oder C und D, so ist $d = \frac{a}{\sqrt{2}}$ und daher

$$\Phi'' = \frac{12 a^2 \pi}{\sqrt{2}} \text{ und } V'' = \frac{3 a^3 \pi^2}{4\sqrt{2}}.$$

VIII. Um auf dieselbe Weise auch die Oberfläche und das Volumen desjenigen Körpers zu finden, der durch die Rotation der Cykloide entsteht, so ist uns zwar der Ort des Fig.
Mittelpuncts dieser Curve nicht unmittelbar und ohne Rech- 274.
nung, wie bei den vorhergehenden krummen Linien, bekannt, allein es ist gewiſs, daſs derselbe irgendwo in der Linie CD liegen muſs, weil die Curve zu beiden Seiten dieser Geraden symmetrisch vertheilt ist.

Nimmt man daher die Rotationsaxe mit dieser Geraden CD parallel und von ihr um die senkrechte Distanz d entfernt, so hat man, da nach dem Vorhergehenden

$$F = 3 a^2 \pi \text{ und } S = 8 a$$

Digitized by Google

ist, für den so entstehenden Rotationskörper die Ausdrücke

$$\Phi = 16\,a\,d\,\pi \text{ und } V = 6\,a^2\,d\,\pi^2.$$

Ist also diese Rotationsaxe zugleich die Tangente A E im Scheitel A der Cykloide, so ist $CA = a\pi = d$ und daher

$$\Phi' = 16\,a^2\,\pi^2 \text{ und } V' = 6\,a^3\,\pi^3,$$

ganz übereinstimmend mit dem, was wir oben für denselben Körper mit Hülfe unserer kleinen Tafel gefunden haben.

F. Oberfläche und Volumen der regelmäſsigen Polyeder.

Beschlieſsen wir diesen Gegenstand mit der Angabe der Oberfläche und des Volumens der sogenannten *platonischen*, d. h. derjenigen Körper, die durchaus von gleichen regelmäſsigen Polygonen begrenzt werden und deren körperliche Winkel alle unter sich gleich sind. Solcher Körper giebt es bekanntlich nur *fünf*, nämlich: I. das *Hexaeder* oder der Würfel, der von sechs gleichen Quadraten begrenzt wird; II. das *Tetraeder*, das von vier, III. das *Oktaeder*, das von acht, und IV. das *Ikosaeder*, das von zwanzig gleichen und gleichseitigen Dreiecken, und endlich V. das *Dodekaeder*, das von zwölf regelmäſsigen Fünfecken eingeschlossen wird.

Sey m die Anzahl der Seiten jedes körperlichen Winkels oder die Anzahl der Polygone, welche in jeder Ecke des Körpers in einem Puncte zusammenstoſsen, und sey n die Zahl der Seitenlinien jedes einzelnen Polygons oder die Zahl der jede Ebene des Körpers begrenzenden Linien, so hat man für das

	m	n
Hexaeder	3	4
Tetraeder	3	3
Oktaeder	4	3
Ikosaeder	5	3
Dodekaeder	3	5

Fig. 286. Legt man nun durch den Mittelpunct O und durch die Kanten (Seitenlinien) A C des Polyeders Ebenen, so gehn durch jede Spitze A, C... des Polyeders m solche Ebenen. Heiſst daher 2α der Winkel je zwei nächster solcher durch

Digitized by Google

eine und dieselbe Spitze gehender Ebenen, so ist $2\alpha = \frac{360^\circ}{m}$. Zieht man dann aus dem Mittelpuncte B oder E der das Polyeder begrenzenden Polygone zu denselben Spitzen A, C... gerade Linien und heiſst man 2β den Winkel ABC oder AEC je zwei nächster dieser geraden Linien, so ist ebenso $2\beta = \frac{360^\circ}{n}$. Zieht man aber aus denselben Mittelpuncten B, E... auf die Kanten AC die senkrechten Linien BD, ED, die einander in dem Puncte D begegnen, so ist der Winkel BDE $=$ N der *Neigungswinkel* der Polygone oder der Seitenflächen des Polyeders gegen einander, so wie zugleich die Linie OA $=$ R den Halbmesser der um und OB $=$ r den Halbmesser der in das Polyeder beschriebenen Kugel bezeichnet. Endlich wollen wir noch durch f die Fläche eines das Polyeder begrenzenden Polygons, durch Φ die ganze Oberfläche des Polyeders und endlich durch V das Volumen oder den körperlichen Inhalt des Polyeders bezeichnen. Um nun die Gröſsen N, R, r, f, Φ und V für jedes jener fünf Polyeder zu finden, wollen wir aus dem Mittelpuncte O mit einem der Einheit gleichen Halbmeser eine Kugel beschreiben, welche die Linien OA, OB und OD in den Puncten a, b und d treffen soll. Dadurch erhält man ein sphärisches, in d rechtwinkliges Dreieck abd, in welchem die beiden andern Winkel folgende Werthe haben:

$$a = \alpha = \frac{180^\circ}{m} \text{ und } b = \beta = \frac{180^\circ}{n}.$$

Diesem gemäſs ist also auch

$$\text{Cos. bd} = \frac{\text{Cos.}\,\alpha}{\text{Sin.}\,\beta} \text{ und Cos. ab} = \text{Cotg.}\,\alpha\,.\,\text{Cotg.}\,\beta.$$

Es ist aber

$$\text{Cos. bd} = \text{Cos. BOD} = \text{Sin. BDO} = \text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\text{N}$$

und

$$\text{Cos. ab} = \frac{\text{BO}}{\text{AO}} = \frac{\text{r}}{\text{R}},$$

also ist auch

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\text{N} = \frac{\text{Cos.}\,\alpha}{\text{Sin.}\,\beta} \text{ und } \frac{\text{R}}{\text{r}} = \text{Tang.}\,\alpha\ \text{Tang.}\,\beta.$$

Ist endlich die Kante des Polyeders AC $=$ a, so hat man

Digitized by Google

$$AB = \frac{\frac{1}{2}a}{\text{Sin.}\,\beta}$$

und daher auch

$$R^2 = r^2 + \frac{\frac{1}{4}a^2}{\text{Sin.}^2\beta}.$$

Wir erhalten daher für die Bestimmung der Gröſsen N, R und r folgende Ausdrücke:

$$\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,N = P\,.\,\text{Cos.}\,\alpha\,,$$

$$R = \tfrac{1}{2}\,a\,P\,.\,\text{Sin.}\,\alpha$$

und

$$r = \tfrac{1}{2}\,a\,P\,.\,\text{Cos.}\,\alpha\ \text{Cotg.}\,\beta,$$

wo der Kürze wegen

$$P = \frac{1}{\sqrt{\text{Sin.}^2\,\alpha - \text{Cos.}^2\,\beta}}$$

gesetzt worden ist. Kennt man aber einmal diese *Ausdrücke*, so hat die Bestimmung der drei noch übrigen Gröſsen f, Φ und V keine weitere Schwierigkeit.

Wenden wir nun diese allgemeinen Formeln auf die einzelnen jener fünf Körper an, so hat man

I. für das *Hexaeder* oder für den Würfel

$$\alpha = 60^\circ,\quad \beta = 45^\circ,\quad N = 90^\circ,$$

$$R = \frac{a\sqrt{3}}{2},\quad r = \frac{a}{2},\quad f = a^2,$$

$$\Phi = 6\,a^2,\quad V = a^3,$$

wo a die Kante AC des Polyeders bezeichnet.

II. Für das *Tetraeder* oder die regelmäſsige, von vier gleichen und gleichseitigen Dreiecken eingeschlossene Pyramide ist

$$\alpha = \beta = 60^\circ,\quad \text{Sin.}\,\frac{N}{2} = \frac{1}{\sqrt{3}},$$

$$R = \frac{3\,a}{\sqrt{24}},\quad r = \frac{a}{\sqrt{24}},\quad f = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}.$$

$$\Phi = a^2\sqrt{3},\quad V = \frac{a^3}{6\sqrt{2}}.$$

III. Für das *Oktaeder* ist

Digitized by Google

$$\alpha = 45^0,\ \beta = 60^0,\ \text{Sin.}\frac{N}{2} = \sqrt{\frac{2}{3}},$$

$$R = \frac{a}{\sqrt{2}},\ r = \frac{a}{\sqrt{6}},\quad f = \frac{a^2\sqrt{3}}{4},$$

$$\Phi = 2a^2\sqrt{3},\qquad V = \frac{a^3\sqrt{2}}{3}.$$

IV. Für das *Ikosaeder* ist

$$\alpha = 36^\circ,\quad \beta = 60^\circ,\quad \text{Sin.}N = \tfrac{2}{3},$$

$$R = \frac{a}{4}\sqrt{10 + 2\sqrt{5}},\ r = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{7 + 3\sqrt{5}}{6}},\quad f = \tfrac{1}{4}a^2\sqrt{3},$$

$$\Phi = 5a^2\sqrt{3},\quad V = \tfrac{5}{12}a^3(3 + \sqrt{5}).$$

V. Für das *Dodekaeder* endlich hat man

$$\alpha = 60^\circ,\ \beta = 36^\circ,\ \text{Tang.}\frac{N}{2} = \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{2}},$$

$$R = \frac{a}{4}\sqrt{18 + 6\sqrt{5}},\ r = \frac{a\sqrt{50 + 22\sqrt{5}}}{4\sqrt{5}},\ f = \frac{5a^2}{2}\cdot\sqrt{\frac{10 + 2\sqrt{5}}{10 - 2\sqrt{5}}},$$

$$\Phi = \frac{3a^2}{8}(10 + 2\sqrt{5})^{\frac{3}{2}}\ \text{und}\ V = \tfrac{1}{4}a^3(15 + 7\sqrt{5}).$$

Eine weitere Auseinandersetzung der Theorie dieser von ebenen Flächen begrenzten Körper, die auch in der Physik, besonders in der Krystallographie, häufig Anwendung findet, kann man in Klügel's mathem. Wörterbuche[1] nachsehn. Mit den hier betrachteten regulären Polyedern haben sich schon die älteren Griechen, besonders in der pythagoräischen Schule, viel beschäftigt. Die Pythagoräer verglichen, nach ihrer symbolischen Lehrart, das Hexaeder mit der Erde, das Tetraeder mit dem Feuer, das Oktaeder mit der Luft, das Ikosaeder mit dem Wasser und das Dodekaeder mit dem Weltall[2].

L.

---

2 S. daselbst Art. *Vieleckige Körper*. Bd. V. S. 817.

2 S. Plato im Timaeus. Euklid's XIII., XIV. und XV. Buch sind der Betrachtung dieser Körper gewidmet. Die Netze zur Verfertigung dieser Körper findet man in den mathem. Schriften Wolf's. Neuere Untersuchungen darüber von Rothe, Cauchy, Gergonne, Grunert,

Digitized by Google

Volumeter,

aus dem lateinischen Worte *Volumen* und dem griechischen *μέτρον* gebildet, bezeichnet drei von Hare[1] angegebene Apparate, welche bestimmt sind, gewisse gleich groſse Volumina, zuweilen auch von ungleicher, aber bestimmter Gröſse, einer Gasart oder tropfbaren Flüssigkeit aus einer gröſseren Masse wegzunehmen oder in ein Gefäſs hineinzubringen. Es scheint mir indeſs nicht angemessen, eine ausführliche und durch die gegebenen Zeichnungen erläuterte Beschreibung hier aufzunehmen, da jeder Physiker oder Chemiker bei vorkommender Gelegenheit eine dem speciell vorliegenden Zwecke angemessene Vorrichtung nach allgemein bekannten Principien herstellen kann. Im Allgemeinen besteht der Apparat aus einem Gefäſse, welches oben und unten durch bewegliche Stöpsel oder Deckel verschlossen, an einer Handhabe befestigt und mit einem federnden Arme versehn ist, um es in ein anderes gegebenes gröſseres Gefäſs zu bringen, dann den Verschluſs durch einen Druck gegen einen Hebelarm zu öffnen und so die Füllung oder Entleerung desselben zu bewerkstelligen. Nach einer andern Construction ist das Gefäſs mit einer Pumpe verbunden, deren Stiefel mit gemessenen Abtheilungen versehn wird, um durch geringeres oder stärkeres Heben oder Niederdrücken des Embolus ein bestimmtes Volumen Gas oder Flüssigkeit aus einem Behälter wegzunehmen oder in denselben hineinzubringen.

M.

Steiner u. s. w. findet man in Crelle's Zeitschrift, in Férussac's Bulletin des sc. mathém., in Gergonne's Annales de Mathématiques, im Journal de l'école polytechnique u. s. w.

1 Annals of Philos. 1828. Aug. p. 126. Wiener Zeitschrift. Th. V. S. 99.

Digitized by Google

Vorrücken der Nachtgleichen.

Damit verbunden

Nutation und Schiefe der Ekliptik.

Vorrücken der Nachtgleichen, Präcession; *Praecessio Aequinoctiorum*; Précession des équinoxes; *Precession of Equinoxes.*

Mit diesem Worte bezeichnet man in der Astronomie die Erscheinung, nach welcher die *Länge* aller Fixsterne jährlich um 50,2 Secunden zunimmt, während die *Breite* derselben im Allgemeinen unverändert bleibt. Dieses kann nun entweder von einer wirklichen vorwärts oder östlich gehenden Bewegung aller Fixsterne in einer der Ekliptik parallelen Richtung kommen, oder auch von einem ebenso groſsen Rückwärtsgehn der Aequinoctialpuncte[1], als von welchen Puncten an alle Längen gezählt werden. Das Letztere ist offenbar bei weitem das Wahrscheinlichere. Diese Aequinoctialpuncte sind bekanntlich die beiden einander gegenüberstehenden Durchschnittspuncte des Aequators mit der Ekliptik (der Sonnenbahn). Wenn nun die Ekliptik als ruhend angenommen wird und wenn der Aequator sich, mit sich selbst parallel, von Ost gegen West oder gegen die Ordnung der Zeichen bewegt, so werden dadurch auch jene Aequinoctialpuncte von Ost gen West zurückgehn und die Länge aller Sterne wird mit der Zeit immer gröſser werden, während die Breite derselben, wegen der ruhenden Ekliptik, dieselbe bleibt, ganz übereinstimmend mit der erwähnten Erscheinung der Präcession.

Hipparch, der gröſste Astronom des Alterthums, der um das Jahr 140 vor Chr. G. zu Alexandrien lebte, fand zuerst diese scheinbare Bewegung der Fixsterne (oder diese wahre Bewegung des Aequators), indem er die 160 Jahre früher von Timocharis und Aristill angestellten Beobachtungen der

---

1 S. Art. *Nachtgleichenpuncte.* Bd. VII. S. 5.

Länge der Fixsterne mit seinen eigenen verglich, und PTOLEMÄUS, der um d. J. 130 nach Chr. G. in derselben Stadt beobachtete, nahm diese Zunahme der Länge der Fixsterne in runder Zahl zu einem Grad für hundert Jahre, also zu 36 Secunden in einem Jahre an. Da diese Bewegung allen Fixsternen gemeinschaftlich ist und da die Breite derselben sich dabei nicht ändert, so zogen schon diese beiden griechischen Astronomen daraus den Schluſs, daſs sie ihre Ursache nicht in den Sternen selbst, sondern in einer rückwärtsgehenden Bewegung des Aequators haben müsse. Daſs dadurch auch die *Sternbilder* ihren Ort am Himmel ändern und daſs z. B. das Sternbild des Widders nicht mehr im Frühlingspuncte und das der Waage nicht mehr im Herbstpuncte, wie ehemals, sondern nahe 30 Grade weiter gegen Osten steht, diese erste und auffallendste Folge der Präcession ist bereits oben[1] auseinandergesetzt worden. So stand z. B. um das Jahr 300 vor Chr. G. die Brust des Widders im Frühlingspuncte. Allein dieser Frühlingspunct stand im Jahre 2500 vor unserer Zeitrechnung in den Hyaden des Stiers, im Jahre 4620 im westlichen Ende der Zwillinge und im J. 6800 in der Mitte des Krebses, so wie derselbe Punct in der Folgezeit um das Jahr 4000 nach Chr. in der Mitte des Wassermanns, im Jahre 6150 im Kopfe des Steinbocks und im J. 8300 in der Spitze des Pfeils des Schützen seyn wird.

A. Unmittelbare Folgen der Präcession.

Eine unmittelbare und schon ohne Rechnung sichtbare Folge der Präcession ist die Aenderung des Pols des Aequators (oder des sogenannten Weltpols) unter den festen Gestirnen des Himmels. Wenn nämlich der Aequator mit sich selbst parallel auf der festen Ekliptik von Ost gegen West geht, so muſs auch der Pol des Aequators um den festen Pol der Ekliptik von Ost gegen West gehn, oder da der Winkel des Aequators mit der Ekliptik constant ist, also auch die Entfernung jener beiden Pole immer constant bleiben muſs, so wird der bewegliche Pol des Aequators um den festen Pol der Ekliptik in der Richtung von Ost gegen West einen *Kreis* beschreiben, in dessen Mittelpuncte der Pol der Ekliptik liegt. Nach dem Vorhergehenden geht nämlich der Frühlingspunct

1 S. Art. *Sternbilder*. Bd. VIII. S. 1001.

Digitized by Google

auf der ruhenden Ekliptik in jedem Jahrhundert um 1,39 Grade westlich oder rückwärts, also geht auch der Pol des Aequators in der Peripherie des erwähnten Kreises in hundert Jahren um dieselbe Gröſse von 1,39 Graden rückwärts oder gegen die Ordnung der himmlischen Zeichen. In unseren Tagen ist der Nordpol des Aequators nahe bei α Ursae minoris oder am Ende des Schweifes von dem kleinen Bären, daher auch dieser Stern von uns der *Polarstern* genannt wird. Allein in der Folgezeit wird er, wie der bloſse Anblick eines jeden Himmelsglobus zeigt, durch die Mitte des Cepheus und später durch den nördlichen Flügel des Schwans, dann durch den Kopf der Leier und durch den östlichen Fuſs des Hercules gehn. Ebenso war dieser Pol um das Jahr 3000 vor Christus auf der andern Seite bei dem Stern α im Drachen und im J. 4100 vor Christus bei γ Cephei u. s. f., so daſs also der Weltpol seine ganze Peripherie von 360 Graden um den Pol der Ekliptik in nahe 25900 Jahren zurücklegen würde, eine Zeit, die man ehedem das *groſse* oder *platonische Jahr* genannt hat, obschon die älteren Chronologen mit diesem Worte auch mehrere andere groſse Perioden angedeutet haben. Allein jene Umlaufszeit ist nicht ganz richtig, da die jährliche Bewegung der Aequinoctien oder der Weltpole sich mit der Zeit ändert, wie wir bald näher sehn werden.

Da nun die Polhöhe (oder die geographische Breite) der einzelnen Orte sich nicht ändert, wie alle unsere Beobachtungen zeigen, während doch die Poldistanzen aller Sterne wachsen, wenn der Pol von ihnen weg geht, so geschieht es, daſs mehrere Sterne am nördlichen Himmel jetzt für uns auf- und untergehn, während sie doch unsern Vorfahren an demselben Orte der Erde immer über dem Horizonte verweilten, ohne für sie auf- oder unterzugehn. Ist nämlich φ die Polhöhe des Beobachtungsorts, p die Distanz eines Fixsterns vom Weltpole und z die vom Zenith des Beobachters, so hat man für die untere Culmination des Gestirns die bekannte einfache Gleichung

$$z = p - \varphi + 90^\circ,$$

wo also z die gröſstmögliche Zenithdistanz ist, die der Stern für diese geographische Breite erhalten kann. Ist $p = \varphi$ oder $p - \varphi = 0$, so ist $z = 90^\circ$ oder das Gestirn geht nicht mehr auf und unter, sondern berührt nur, in seiner untern Culmi-

Digitized by Google

nation, den Horizont des Beobachters. Wächst aber die Poldistanz p oder geht, was dasselbe ist, der Weltpol von dem Gestirn weg, so wird, da φ unverändert bleibt, z gröſser als 90°, und der Stern kann daher auf- und untergehn. Nimmt endlich p ab oder nähert sich der Pol dem Gestirne, so wird z kleiner als 90° oder der Stern kann den Horizont nicht mehr erreichen und bleibt daher für den Beobachter immer sichtbar. Um diejenigen Sterne zu finden, durch welche im Laufe der Zeiten der Pol des Aequators geht, wird man auf einer Sterncharte oder auf einem Himmelsglobus um den Pol der Ekliptik als Mittelpunct einen Kreis mit dem Halbmesser von 23° 28′ ziehn, und die Peripherie dieses Kreises wird die gesuchte Bahn des Weltpols seyn, der in derselben in jedem Jahrhundert einen Bogen von 1,39 Graden von Ost gen West (oder gegen die Ordnung der 12 Himmelszeichen der Ekliptik) zurücklegt. Bei dem ersten Anblick dieses Kreises sieht man, daſs der Weltpol durch mehrere Jahrtausende vor und nach unserer Zeit den Sternen im I. und IV. Quadranten der Rectascension näher kommt und im Gegentheil von allen Sternen des II. und III. Quadranten sich entfernt, daſs also die Poldistanz von jenen Sternen abnimmt und die von diesen wächst. Der groſse Bär, der beinahe ganz im zweiten Quadranten liegt, entfernt sich daher seit Jahrtausenden immer mehr vom Pole oder die Poldistanzen aller seiner Sterne werden immer gröſser, und da für denselben Beobachtungsort die Distanz des Pols vom Horizonte stets dieselbe bleibt, so werden jetzt mehrere Sterne in den Füſsen des groſsen Bären auf- und untergehn, die ehemals immer über dem Horizonte dieses Beobachtungsortes sichtbar blieben. So sagt z. B. schon Homer von diesen Sternen des groſsen Bären, daſs sie sich nie in dem Ocean baden. In der That ging dieses Gestirn zu Homer's Zeiten (nahe 1000 Jahre vor Chr. G.) für Griechenland nicht unter, obschon in unsern Tagen mehrere Sterne in den Füſsen dieses Sternbildes für jenes Land bereits auf- und untergehn, so daſs die neueren griechischen Dichter mit Recht sagen können, der groſse Bär wasche wenigstens seine Füſse täglich in den Fluthen des Oceans.

Eine weitere unmittelbare Folge der Präcession ist, daſs unsere *Sternkataloge* und mehrere *Sterncharten* und *Himmelsgloben* nur für eine gewisse Zeit gelten, da der Frühlingspunct,

Digitized by Google

der Pol des Aequators, also auch der Aequator selbst mit allen seinen Parallelkreisen mit der Zeit durch ganz andere Sterne geht. Seit Homer bis auf unsere Zeiten beträgt diese Verrückung schon nahe 39 Grade. Wollte man alte Globen für spätere Zeiten oder umgekehrt gebrauchen, so müſste man auf ihnen die beiden Weltpole verrücken, was nicht angeht, da diese auf den Globen fest sind und die Kugel sich um sie drehn muſs. Daher haben einige Astronomen auf solche Vorrichtungen bei den Globen gedacht, wobei man die Stellung der Weltpole, den Zeiten gemäſs, verrücken kann. Cassini[1] hat ein Modell dazu vorgeschlagen und Segner[2] ein anderes von seiner Erfindung mitgetheilt.

B. Präcession als Hülfsmittel zu historischen Untersuchungen.

Wenn uns aus dem Alterthum eine solche Charte oder ein Himmelsglobus erhalten worden wäre, auf dem man die Lage des Aequators genau verzeichnet fände, so würden wir daraus auf das Alter dieses Globus schlieſsen können. Sähen wir z. B. auf einem solchen Globus den Frühlingsnachtgleichenpunct bei k an der Stirne des Stiers, so würde daraus folgen, daſs dieser Globus vor 4600 Jahren verfertigt worden sey, da der erwähnte Stern jetzt die Länge von 64 Graden hat und dieser Bogen durch die Präcession in 4600 Jahren zurückgelegt wird. Man hat auch in der That bereits mehrere solcher Monumente des Alterthums aufgefunden. Die Ruinen der alten Stadt *Denderah* (Tentyris) in Oberägypten sind durch einen groſsen Tempel ausgezeichnet, den uns die Zeit ohne beträchtliche Störungen erhalten hat. An der Decke dieses Tempels sieht man die zwölf Figuren des Thierkreises in derselben Ordnung, in welcher sie von der Sonne durchlaufen werden. Dieser Thierkreis ist bekanntlich in den letzten Jahren nach Paris gebracht worden, wo er bald der Gegenstand der allgemeinen Aufmerksamkeit wurde. An der Spitze der Reihe dieser Figuren erblickt man das Sternbild des *Löwen*, der zuerst über dem Thore des Tempels hervorzutreten scheint.

1 Hist. de l'Acad. des Sciences. 1708. p. 97.
2 Dessen astronom. Vorlesungen. Halle 1775. Th. I. S. 188.

Digitized by Google

Man wollte daraus den Schluſs ziehn, daſs zur Zeit der Errichtung dieses Thierkreises oder dieses Tempels die Sonne im Anfange des Jahres im Zeichen des Löwen gewesen seyn müsse. Das Ruraljahr der alten Aegyptier begann aber mit dem Sommersolstitium, zu welcher Zeit der Nil auszutreten pflegte. Nimmt man also, aus Mangel an näheren Nachrichten, die Mitte des Löwen als denjenigen Punct an, in welchem die Sonne im Anfange jenes Jahres war, so war das Solstitium, also auch der Nachtgleichenpunct, zu jener Zeit volle 60 Grade weiter, als es jetzt ist, gen Osten gelegen, und dieses giebt einen Zeitraum von 60 dividirt durch 0,0139 oder von 4300 Jahren, so daſs also jener Tempel gegen das Jahr 2740 vor Chr. G., zur Zeit des Hangti in China, erbaut worden wäre. Wollte man aber den *Anfang* dieses Sternbildes für den entscheidenden Punct nehmen, so hätte man nur 40 Grade für die Präcession und die Erbauung des Tempels würde in das Jahr 1100 vor Chr. G. oder in die Zeit von David fallen, in welcher auch der Tempel von Jerusalem erbaut worden ist. Biot, der sich mit diesem Gegenstande sorgfältig beschäftigte und ihm ein eigenes Werk widmete, will mit groſser Sicherheit gefunden haben, daſs die Errichtung dieses Tempels in das Jahr 700 vor unserer Zeitrechnung, also kurz nach der Erbauung Roms, fallen soll. Einen andern ägyptischen Tempel, den zu *Latopolis*, setzt Fourier auf das Jahr 2500 vor Chr. und Dupuis sogar auf das Jahr 15000 vor dieser Epoche. Da ihm aber später das so hohe Alter dieses Gebäudes doch selbst unwahrscheinlich war, so fand er für gut, anzunehmen, daſs durch diesen Thierkreis von Latopolis nicht sowohl die Orte der Sonne zur Zeit des Solstitiums, als vielmehr die ihr gegenüberstehenden Puncte des Himmels angedeutet werden sollen, und durch diese kleine Veränderung würde die Erbauung des Tempels um eine halbe Revolution der Aequinoctien oder um volle 13000 Jahre in der Zeit vorgerückt, so daſs sie auf das Jahr 2000 vor Chr. fallen müſste. Champollion endlich und Letronne, welche diesen Thierkreis auf eine ganz andere, mehr kritische Weise untersuchten, kamen auf das Resultat, daſs diese religiösen Gebäude erst unter der Regierung Trajan's und seiner nächsten Nachfolger erbaut worden sind, und auf ähnliche Schlüsse sind auch Visconti und Paravey gekommen, die sich zuletzt mit diesen

Digitized by Google

alten Thierkreisen beschäftigten, die man in Denderah, Latopolis, Esne in Oberägypten und auch in Palmyra, Cathay und in mehrern Städten Indiens, besonders am Ganges, gefunden hat. Die groſse Verschiedenheit der Altersbestimmungen dieser Gebäude erregt den Verdacht, daſs diese Monumente der Vorzeit wohl nicht sehr geeignet seyn mögen, um aus ihnen selbst die Zeit ihrer Entstehung mit Sicherheit abzuleiten, und daſs die meisten der von ihren Untersuchern vorgebrachten Resultate wohl nur auf bloſsen Meinungen und Ansichten beruhn, die bei dem Mangel aller ëcht historischen Hülfsquellen ebenso wenig eines strengen Beweises, als einer genügenden Widerlegung fähig sind. Es ist schon schwer, wo nicht unmöglich, an diesen Denkmälern zu erkennen, welches Zeichen dem Anfange des Jahrs oder den Solstitien entsprechen soll. Aber wenn man auch endlich dazu gelangte, wer bürgt uns dafür, daſs die alten Indier oder Aegyptier, indem sie z. B. die Aequinoctien in den Stier oder in die Zwillinge setzten, dadurch andeuten wollten, daſs zu ihrer Zeit die Aequinoctien auch in der That diese Stelle am Himmel eingenommen haben? Man kennt die Lust dieser Völker, mit einem hohen Alterthume ihres Ursprungs zu prahlen und die frühesten Beherrscher ihres Landes Tausende, ja Millionen von Jahren zurückzusetzen. Wenn ihnen die Präcession der Aequinoctien in der That auch nur im Allgemeinen bekannt war, muſsten sie durch jene Eitelkeit nicht verleitet werden, ihren Thierkreis absichtlich rückwärts zu stellen, um auch dadurch ihren Tempeln den Glanz eines hohen Alters bei der Nachwelt zu sichern? So haben uns die Engländer erst in unsern Tagen mit sehr alten Planetentafeln der Indier bekannt gemacht, die sämmtlich von einer Conjunction aller Planeten anfangen, die um das Jahr 3100 vor Chr. G. statt gehabt haben soll. Allein als man diese altergrauen Tafeln genauer untersuchte, fand man, daſs jene allgemeine Conjunction mit unsern besten neuen Planetentafeln im directen Widerspruche steht, und daſs dieselben indischen Tafeln noch eine andere, viel neuere Epoche voraussetzen, die in das Jahr 1491 nach Chr. G. fällt, wo man dann, wenn man von dieser Epoche und mit der mittleren Bewegung nach der Annahme der Indier zurück rechnet, allerdings jene alte Conjunction wieder findet, die aber dessenungeachtet nur fictiv

Digitized by Google

ist und durch bloſse Rechnung, nicht aber, wie ihre Verfasser sagen, durch eine eigentliche Beobachtung entstanden ist.

Indeſs gewährt uns doch die Lehre von der Präcession mehrere Hülfsmittel zu historischen Untersuchungen der alten Zeiten. So erzählt z. B. Ptolemäus in seinem Almagest, daſs Eudox, ein Zeitgenosse Plato's, einen der gröſsten Fixsterne nahe bei dem Nordpole des Aequators gesehn habe. Da Plato nahe 350 Jahre vor Chr. G. lebte, so kann dieses, wie aus dem Vorhergehenden folgt, nicht unser gegenwärtiger Polarstern oder μ im kleinen Bären gewesen seyn, der damals noch sehr weit vom Weltpole entfernt war. Betrachtet man aber den oben erwähnten Kreis von 23° 28′ auf dem Globus, so findet man einen einzigen Fixstern in jener Gegend, der von bedeutender (der dritten) Gröſse ist und in der Vorzeit dem Pole sehr nahe gestanden haben kann. Es ist dieses der Stern α im Drachen, dessen Rectascension im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts 209° 45′ und dessen Declination 65° 20′ ist. Daraus findet man die Länge desselben für unsere Zeit gleich 154° 40′. Wenn nun dieser Stern zu jener frühen Zeit in der That sehr nahe beim Pole des Aequators gestanden hat, so muſs damals seine Länge gleich 90 Graden gewesen seyn. Die Differenz dieser beiden Längen 64° 40′ wird aber von der Präcession, die jährlich 0°,01395 Jahre beträgt, erst in 4625 Jahren zurückgelegt, so daſs also dieser Stern um das Jahr 2835 vor Chr. G. dem Pole am nächsten gewesen seyn muſs. Da aber diese Epoche volle 2485 Jahre vor Plato's Zeit fällt, so ist die Nachricht des Ptolemäus unrichtig und Eudox hat uns keineswegs damit den Zustand des Himmels, wie er zu seiner Zeit statt hatte, beschrieben, sondern er hat uns nur vielleicht eine nahe 2500 Jahre ältere Sage erzählt, die er von den Aegyptiern oder Chaldäern erhalten haben mag. Andere wollten diese Nachricht auf den Stern μ Draconis beziehn, dessen Rectascension jetzt 186° 13′ und dessen Declination 70° 54′, dessen gegenwärtige Länge also 133° 43′ ist. Daraus folgt, daſs dieser Stern im Jahre 1310 vor Christus dem Pole am nächsten stand, also nahe 1000 Jahre vor Plato's Zeit, so daſs also auch die so verbesserte Nachricht nicht paſst.

Wie es aber auch mit diesen und ähnlichen Nachrichten aus so uralten Zeiten sich verhalten mag, so läſst sich doch

Digitized by Google

kaum zweifeln, daſs die Sternbilder des Thierkreises selbst einen Zusammenhang mit den Erscheinungen des Himmels und den Jahreszeiten der Erde zu jener Zeit gehabt haben, als die Menschen zuerst darauf verfallen sind, jene Sterngruppe durch diese Namen zu bezeichnen. Die *Waage* scheint die Gleichheit der Tage und Nächte, der *Krebs* und der *Steinbock* den tiefsten und höchsten Punct der Ekliptik angezeigt zu haben; der *Wassermann* und die *Fische* waren vielleicht die Sternbilder, in welchen die Sonne zur Zeit der jährlichen Ueberschwemmung des Nils in Aegypten stand; der *Widder* und die *Zwillinge* mögen Zeichen des Frühlings und der wiederauflebenden Natur gewesen seyn, so wie der *Löwe* die Kraft der Sonne im hohen Sommer, die *Jungfrau* mit der Aehre die Zeit der Ernte angezeigt hat u. s. w. Aber alles dieses paſst heutzutage weder auf unser, noch auf das ägyptische oder indische Klima. Welches war also die Zeit, auf welche diese Benennungen noch am besten paſsten? Laplace meint, daſs man diese Benennungen der Sternbilder am schicklichsten erklärt, wenn man die ganze Sphäre des Himmels nahe um 180 Grade umkehrt. Damals, als der *Widder* in der Herbstnachtgleiche, der *Steinbock* am höchsten Puncte der Ekliptik im Sommersolstitium, als die *Waage* in der Frühlingsnachtgleiche und der *Krebs* am tiefsten Puncte im Wintersolstitium stand, damals trafen jene Bedeutungen der Namen aller Sternbilder am besten zu. Allein diese Zeit ist volle 15000 Jahre von uns entfernt, und zu dieser Zeit soll es schon Völker auf der Erde gegeben haben, die Muſse und Bildung genug hatten, sich mit der Kenntniſs des Himmels zu beschäftigen und die Bewegungen der Körper desselben zu betrachten? Ohne die Möglichkeit eines solchen Ereignisses bestreiten zu wollen, müssen wir doch bekennen, daſs unsere Menschengeschichte, so weit wir sie mit einiger Verläſslichkeit kennen, noch nicht 4000 Jahre alt ist. Ueber Moses hinaus, der 1500 vor Chr. G. lebte, ist Alles dunkel, und wie sollte es gekommen seyn, daſs er selbst von jenem Volke, das über zehntausend Jahre vor ihm geblüht haben müſste, wie von allen Nachfolgern desselben, uns auch nicht die geringste Mittheilung gegeben hat? Immerhin wäre es sehr wünschenswerth, die Nachrichten, welche die Indier und Chinesen von den alten Zeiten besitzen sollen, mit kritischem Blicke streng zu untersuchen und diesen

für die ganze Menschengeschichte höchst wichtigen Gegenstand einmal ins Reine zu bringen, aber nicht durch Declamationen, Ansichten und Hypothesen, sondern durch Beweise und, wo möglich, durch mathematische Beweise, wie etwa der folgende ist, durch den uns Laplace die vollkommene und unbezweifelbare Versicherung gab, daſs die Chinesen im Jahre 1100 vor Christus bereits förmliche astronomische Beobachtungen angestellt haben.

Zum bessern Verständniſs dieses Beweises bemerken wir zuerst, daſs die *Schieſe der Ekliptik*, wie unsere Beobachtungen übereinstimmend mit der Theorie uns lehren, in jedem Jahre um 0,48368 Secunden abnimmt und daſs sie im Anfange des 19. Jahrhunderts gleich 23° 28′ 54″ gewesen ist, wie wir im Verfolge dieses gegenwärtigen Artikels (M) sehn werden. Nach den Nachrichten des Fréret und des Jesuiten Gaubil, der lange in China als Missionär lebte, soll Tschu-Kung, Bruder des Kaisers Wa-Wang, im Jahre 1100 vor Chr. G. in der Stadt Loyang (die jetzt Hono-Fu heiſst) Solstitialbeobachtungen der Sonne an einem Gnomon von acht chin. Fuſs Höhe angestellt haben, und diese Beobachtungen sollen in einem der heiligen Bücher der Chinesen aufbewahrt worden seyn, wo es heiſst, daſs die Länge des Schattens des Gnomons zur Zeit des Sommersolstitiums $1\frac{1}{2}$ Fuſs und zur Zeit des Wintersolstitiums 13 Fuſs gewesen ist. Dieses heilige Buch soll zugleich, nach dem Bericht derselben Jesuiten, eines der wenigen seyn, die der allgemeinen Proscription entgangen sind, in welcher der Kaiser Tsin-Schi-Hoang im Jahre 246 vor Chr. G. alle Bücher in China verbrennen lieſs. Da die frommen Väter, wie man sagt, es mit der Wahrheit ihrer Nachrichten nicht immer sehr genau genommen haben, so wollte man auch gegen diesen ihren Bericht Zweifel erheben, der die älteste aller astronomischen Beobachtungen betrifft, die uns aus der Vorzeit erhalten worden sind. Sehn wir aber zu, ob dieser Zweifel gegründet ist.

Da wir die Schattenlänge des achtfüſsigen Gnomons in den beiden Solstitien kennen, so können wir daraus die zwei Zenithdistanzen der Sonne Z und Z′ für die Stadt Loyang ableiten, wo dann die halbe Summe $\frac{1}{2}(Z' + Z)$ derselben die Polhöhe oder die geographische Breite der Stadt, die halbe Differenz $\frac{1}{2}(Z' - Z)$ aber die Schiefe der Ekliptik für die

Digitized by Google

Zeit 1100 vor Chr. G. geben wird. Im Sommersolstitium ist also die Zenithdistanz z des obern Randes der Sonne durch die Gleichung gegeben

$$\text{Tang. } z = \frac{1.5}{8} \text{ oder } z = 10^\circ 37' 10'',8.$$

Nimmt man für diese Zenithdistanz und für einen mittlern Zustand der Atmosphäre für jene Zeit (28 Zoll Par. Barom. und + 20° Therm. Reaum.) die Refraction, so findet man sie gleich 10″,3. Der Halbmesser der Sonne aber ist 15′ 47″,7, so daſs man daher für die Summe dieser drei Zahlen hat

$$10^\circ\ 53'\ 8'',8.$$

Zieht man davon noch die Höhenparallaxe 1″,3 der Sonne ab, so erhält man für die Zenithdistanz des Mittelpuncts der Sonne zur Zeit des Sommersolstitiums

$$Z = 10^\circ\ 53'\ 7'',5.$$

Für das Wintersolstitium hat man ebenso

$$\text{Tang. } z = \frac{13}{8} \text{ oder } z = 58^\circ 23' 33'',0$$

Refractionsparallaxe	1 26,8
Halbmesser	16 14,0
Zenithdistanz des Mittelpuncts	Z′ = 58° 41′ 13″,8.

Man hat daher:

Polhöhe von Loyang $\frac{1}{2}(Z' + Z) = 34^\circ\ 47'\ 11''$,
Schiefe der Ekliptik $\frac{1}{2}(Z' - Z) = 23^\circ\ 54'\ 3''$.

Nach dem Vorhergehenden ist aber die Schiefe der Ekliptik im Jahre 1800 gleich 23° 28′ 54″ und sie wird mit jedem folgenden Jahre um 0,48368 Secunden kleiner. Die Zwischenzeit von 1100 vor Chr. bis 1800 nach Chr. beträgt 2900 Jahre, seit welcher Zeit also die Schiefe der Ekliptik um 2900 (0,48368) Secunden oder um 23 Min. 22,6 Sec. abgenommen hat, so daſs man daher nach dieser durch die Theorie bestimmten Abnahme für die Schiefe von 1100 vor Chr. G. erhält

$$23^\circ\ 28' 54'' + 23'\ 22'',6 = 23^\circ\ 52'\ 16'',6$$

oder nur 1 Min. 46,4 Sec. kleiner, als jene Beobachtungen der alten Chinesen gegeben haben. Diesen Unterschied wird man sehr klein finden, wenn man bedenkt, wie unvollkommen, selbst in unsern Zeiten, die Beobachtungen am Gnomon sind,

an welchem besonders der Halbschatten alle genaue Bestimmung beinahe unmöglich macht, so daſs man daher diese 1 Min. 46 Sec. mit Recht als einen bloſsen Beobachtungsfehler ansehn kann. Wenn die Berichterstatter diese Beobachtungen hätten fingiren wollen, so würden sie die Sache so eingerichtet haben, daſs jene beiden Zenithdistanzen unsere gegenwärtige Schiefe von 23° 28′ wieder gegeben hätten, da die Jesuiten in China von dieser Abnahme der Schiefe und von der ganzen Theorie dieser Erscheinung nichts wuſsten, indem sie erst in den letzten Decennien des verfloſsenen achtzehnten Jahrhunderts bekannt geworden ist. Man kann daher an der Aechtheit dieser ältesten von allen Beobachtungen, die auf uns gekommen sind, nicht weiter zweifeln.

Die Richtigkeit dieses Berichts der Jesuiten wird noch auf eine sehr auffallende Art durch die Polhöhe bestätigt, welche früher schon die Missionäre dieser Gesellschaft von der Stadt Hono-Fu aus ihren eigenen Beobachtungen abgeleitet haben. Sie fanden nämlich aus drei verschiedenen mittägigen Beobachtungen der Sonne an ihrem Quadranten die Breite dieser Stadt

	34°	52′	8″
	34	46	9
	34	43	15
im Mittel	34°	47′	11″,

und obschon diese drei Beobachtungen unter sich selbst nichts weniger als gut übereinstimmen, was immerhin für ihre Authenticität spricht, so geben sie doch, ohne Zweifel durch einen glücklichen Zufall, genau dieselbe Breite, welche die alten Chinesen vor 2900 Jahren für dieselbe Stadt gefunden haben.

C. Einfache Erklärung der Präcession.

Wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre, so würde die Sonne und die anderen Gestirne unsers Planetensystems ganz ebenso auf sie wirken, als ob die ganze Masse der Erde in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre. Allein unsere Erde ist ein an ihren beiden Polen abgeplattetes Sphäroid oder ein Körper, der durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Da sonach die Erde um ihren Aequator

Digitized by Google

mehr Masse hat, als bei ihren Polen, so kann man sich diese um den Aequator angehäufte Masse als einen Ring vorstellen, und es ist klar, daſs die Sonne gegen diesen Ring eine etwas stärkere Anziehung äuſsern wird, als gegen die übrigen, näher bei den Polen liegenden Theile der Erde. Weil aber die Lage dieses Ringes in der Ebene des Aequators ist, die Sonne aber aus der Ebene der Ekliptik darauf wirkt, so wird hierdurch dieselbe Wirkung, wie bei den Planeten, entstehn, deren Bahnen nämlich gegen einander immer rückwärts gehn, während die Neigungen dieser Bahnen im Allgemeinen stets dieselben bleiben.

Um dieses besser zu übersehn, sey MN die Bahn Jupiters und ABC die Bahn Saturns; suchen wir nun die Störung, die Jupiter durch seine Anziehung auf die Lage der Bahn Saturns äuſsert. Beide Planeten gehn von West nach Ost, also in der Richtung MBN und ABC um die Sonne. Da nun Jupiter den Saturn beständig zu seiner Ebene MN hinzieht, so wird Saturn, indem er von A ausgeht, nicht nach B, sondern nach B′ gelangen, so daſs seine ursprüngliche Bahn ABC in die Lage AB′D gekrümmt wird. Der Knoten B ist daher weiter westlich oder rückwärts nach B′ gerückt und die frühere Neigung ABM der beiden Bahnen ist in AB′M übergegangen, also gröſser geworden, da AB′M als der äuſsere Winkel des Dreiecks ABB′ gröſser ist, als der innere ABM, der Knoten ist also rückwärts gegangen und die Neigung der beiden Bahnen ist gröſser geworden. Nach dem Durchgang durch seinen Knoten verläſst aber Saturn seine neue Bahn B′D wieder, da er durch Jupiters Anziehung sich neuerdings der Bahn MN dieses Planeten nähern muſs, und da diese Attraction eben die Stufenfolge hat, wie vor dem Knoten, so wird die Saturnsbahn auf eben die Art wieder zurückgebogen, bis sie die Lage B′d oder eigentlich die Lage bd erhält, die mit der ursprünglichen Lage ABC dieser Bahn parallel ist. Die Neigung nimmt also nach dem Durchgange durch den Knoten ebenso viel wieder ab, als sie vor diesem Durchgange zugenommen hat. Demnach geht der Knoten des gestörten Planeten durch die Wirkung des störenden auf der Bahn des letztern immer rückwärts oder gegen die Ordnung der Zeichen, während die Neigung der beiden Bahnen gegen einander nur periodische, mit jeder Umlaufszeit des Planeten

Fig. 287.

wiederkommende, bald zu-, bald abnehmende Aenderungen erleidet, also im Allgemeinen *immer dieselbe bleibt*[1].

Auf eine ähnliche Weise verhält es sich auch mit der Ebene des Aequators bei der abgeplatteten Erde. Ist A C E dieser Aequator und A B C D E die Ekliptik, A oder E der Frühlings- und C der Herbstpunct, so geht im ersten Quadranten der Länge irgend ein Punct des Aequators vermöge der täglichen Rotation der Erde durch ab und vermöge der Anziehung der Sonne durch die kleine, auf den Aequator senkrechte Linie bc, so daſs also eigentlich dieser Punct des Aequators in der Linie ac (der Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks a b c) fortgeht oder daſs der durch die Anziehung der Sonne veränderte oder neue Aequator jetzt in die Lage cad kommt und die Ekliptik in dem Puncte d schneidet. Im ersten Quadranten der Länge oder der Rectascension gehn also die Aequinoctialpuncte zurück und die Schiefe nimmt ab, da in dem Dreieck Aad der äuſsere Winkel oder die frühere Schiefe bAB gröſser ist, als die neue cdA. Ebenso ergiebt der bloſse Anblick der Zeichnung, daſs im zweiten Quadranten die Aequinoctien zurückgehn und die Schiefe wächst, im dritten aber gehn die Aequinoctien zurück und die Schiefe nimmt ab, im vierten endlich gehn die Aequinoctien zurück und die Schiefe wächst.

Fig. 288.

Also auch hier, wie oben bei den Planetenbahnen, gehn durch die Wirkung der Sonne auf die abgeplattete Erde die Aequinoctien immer zurück, während die Neigung, so lange man von ihren äuſserst geringen periodischen Aenderungen abstrahirt, constant bleibt. Dabei ist, wie es der Natur gemäſs seyn muſs, die tägliche Rotation der Erde angenommen und berücksichtigt worden. Wenn aber die Erde keine Rotation hätte, so würde in allen vier Puncten unserer Zeichnung die Seite ab des Dreiecks abc gleich Null seyn und der Aequator der Erde würde durch die Anziehung der Sonne in allen vier Quadranten um die Linie bc der Ekliptik genähert werden, oder dann würden die Aequinoctialpuncte *in Ruhe bleiben* und die Schiefe der Ekliptik immerfort *abnehmen*. Also die Anziehung der Sonne auf das abgeplattete

1 Vergl. *Perturbationen*. Bd. VII. S. 449.

Sphäroid würde, wenn die Erde keine Rotation hätte, bloſs die Schiefe der Ekliptik immerfort vermindern, ohne die Aequinoctien in ihrer Lage zu stören; da aber die Erde sich um ihre Axe dreht, so wird, durch dieselbe Anziehung der Sonne, *die Aequinoctiallinie gegen die Ordnung der Zeichen bewegt, ohne daſs dabei die Schiefe eine Aenderung erleidet.*

Was hier von der Wirkung der Sonne gesagt wurde, gilt auch von allen andern Himmelskörpern, von denen aber allein der Mond wegen seiner Nähe (so wie zuvor die Sonne wegen ihrer Gröſse) einen für die Beobachtungen noch merklichen Einfluſs hat. Auch der Mond bewirkt also, daſs die Aequinoctien des Erdäquators rückwärtsgehn, und beide Wirkungen zusammengenommen nennt man die *Lunisolarpräcession.* Dieses von der Sonne und dem Monde bewirkte, mit der Zeit immer fortschreitende Rückwärtsgehn der Aequinoctialpuncte auf der unbeweglichen Ekliptik wollen wir künftig durch ψ bezeichnen; diese Lunisolarpräcession ist, wie gesagt, eine bloſse Folge der Einwirkung der Sonne und des Monds auf die an ihren Polen abgeplattete und um ihre Axe rotirende Erde, und dabei ist die Ekliptik als eine feste und unveränderliche Ebene angenommen worden, wie denn auch in der That, durch diese Einwirkung jener beiden Gestirne auf die Erde, die Ebene der Ekliptik in ihrer Lage nicht geändert wird.

Allein es sind auſser jenen beiden Gestirnen noch andere da, welche die Lage der Ekliptik am Himmel in der That ein wenig ändern. Die Planeten nämlich bewirken in ihrem Gesammteinfluſs auf die Erdbahn (ohne weitere Berücksichtigung der Abplattung der Erde, die hier ganz wegfällt) eine Aenderung der Ekliptik (oder der Erdbahn), indem sie dieselbe allmälig dem Aequator nähern und auch zugleich die Aequinoctialpuncte etwas weniges *vorwärts* oder gen Osten bewegen. Jene Näherung beträgt jetzt nahe 48″ und dieses Vorwärtsgehn nahe 16″ in einem Jahrhundert. Allein mit der Folge der Jahrhunderte, wenn nämlich die ebenfalls beweglichen Planetenbahnen eine ganz andere Lage am Himmel werden eingenommen haben, wird, durch die Einwirkung der Planeten, die Schiefe der Ekliptik wieder zunehmen und diese jetzt vorwärtsgehende, von den Planeten herrührende Bewegung der Aequinoctien, wie bei der Präcession, auch

Digitized by Google

wieder rückwärts oder gegen Westen gerichtet seyn[1]. Dieses ist die sogenannte *säculare Aenderung der Ekliptik*, die mit der Präcession der Aequinoctien nichts gemein hat, da diese, die Präcession, in einer Bewegung des Aequators besteht und von der Wirkung der Sonne und des Monds in Verbindung mit der Abplattung der Erde kommt, während jene in einer Bewegung der Ekliptik besteht, die bloſs aus der Einwirkung der Planeten auf die Erdbahn entspringt. Da aber, wenn einmal die Lage der Ekliptik durch die fortgesetzte Einwirkung der Planeten eine ganz andere als die jetzige seyn wird, die Wirkung der Sonne und des Monds selbst auch geändert werden muſs, so wird dadurch auch eine eigene, sehr geringe Bewegung des Aequators entstehn, wodurch ebenfalls eine, obschon nur sehr kleine, Veränderung der Schiefe erzeugt wird, die aber von der so eben betrachteten säcularen Aenderung der Ekliptik sehr verschieden ist. Immerhin sieht man, daſs der Aequator, welcher vermöge der Präcession auf der ruhenden Ekliptik rückwärts geht, auch noch auf der durch die Planeten bewegten Ekliptik rückwärts gehn werde, und dieses letztere Rückwärtsgehn wird in der Astronomie die *allgemeine Präcession* genannt, die wir durch $\psi_{,}$ bezeichnen wollen.

Die Theorie hat uns alle diese Bewegungen mit groſser Genauigkeit kennen gelehrt. Wir geben sie hier, wie sie aus Laplace's Méc. céleste verbunden mit den Correctionen Bessel's folgen. Nimmt man die Lage der wahren Ekliptik, wie sie im Anfange des Jahres 1750 statt hatte, als eine feste Ebene an, auf die wir alle anderen beziehn, und nennt man t die Anzahl Jahre, die seit dieser Epoche von 1750 verflossen sind, so hat man für das Rückwärtsgehn der Aequinoctialpuncte auf dieser festen Ekliptik oder für die *Lunisolarpräcession*

$$\psi = 50'',3757\,t - 0'',00012179\,t^2$$

und für das Rückwärtsgehn der Aequinoctien auf der beweglichen Ekliptik oder für die *allgemeine Präcession*

$$\psi_{,} = 50'',2113\,t + 0'',00012215\,t^2.$$

Weiter ist die Schiefe der Ekliptik für jene Epoche von 1750 gleich 23° 28′ 18″,0, und nach t Jahren von dieser Zeit wird

1 Vergl. *Perturbationen*. Bd. VII. S. 451.

man die Schiefe e in Beziehung auf die feste Ekliptik durch die Gleichung

$$e = 23^0\ 28'\ 18'',0 + 0'',00000984\ t^2,$$

so wie in Beziehung auf die bewegliche Ekliptik durch die Gleichung

$$e_{,} = 23^0 28' 18'',0 - 0'',48368\,t - 0'',00000272\,t^2$$

erhalten. Differentiirt man die zwei ersten Gleichungen, so erhält man für die *jährliche Lunisolarpräcession*

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = 50'',3757 - 0'',00024359\ t$$

und für die *jährliche allgemeine Präcession*

$$\frac{\partial \psi_{,}}{\partial t} = 50'',2113 + 0'',0002443\ t.$$

Für Zeiten *vor* dieser Epoche wird man t negativ setzen. Da aber, wenn der Aequator sich rückwärts um die ruhende Ekliptik bewegt, ohne daſs dabei die Schiefe der Ekliptik geändert wird, auch der Pol des Aequators sich rückwärts um den ruhenden Pol der Ekliptik bewegen muſs, ohne daſs dabei die Distanz dieser zwei Pole geändert wird, so kann man, wie bereits oben bemerkt, die Präcession auch dadurch ausdrücken, daſs man sagt, der Pol des Aequators bewege sich gegen die Ordnung der Zeichen in der Peripherie eines Kreises, dessen Mittelpunct der ruhende Pol der Ekliptik ist. Und da, vermöge der Einwirkung der Planeten auf die Erdbahn, diese Erdbahn selbst einer kleinen Veränderung unterworfen ist, die aber kaum den hundertsten Theil jener Veränderung des Aequators beträgt, so wird man, um diese Erscheinung vollständig auszudrücken, auch den Halbmesser des erwähnten Kreises oder den Mittelpunct desselben (den Pol der Ekliptik) etwas weniges am Himmel veränderlich annehmen und zugleich die Bewegung des Aequatorpoles in seiner Peripherie nicht mehr, wie zuvor, völlig gleichförmig, sondern ebenfalls von Jahrhundert zu Jahrhundert etwas weniges veränderlich voraussetzen, um dadurch jene Einwirkung der Planeten auf die Lage der Ekliptik am Himmel auszudrücken.

Digitized by Google

D. Reduction der Sterne auf verschiedene Epochen.

Die neueren Astronomen beobachten alle Fixsterne in Beziehung auf den *Aequator*, weil ihre Instrumente alle diese Einrichtung haben, während die Alten mit ganz andern Instrumenten in Beziehung auf die *Ekliptik* beobachteten. Wenn also einer unserer Astronomen den Ort eines oder mehrerer dieser Fixsterne in Beziehung auf den Aequator, d. h. wenn er die Rectascension und Declination dieser Gestirne für irgend eine Zeit auch mit der gröſsten Schärfe bestimmt hat, so kennt man damit doch noch nicht die Lage derselben Gestirne für irgend eine andere Zeit, da sich während der Zwischenzeit die Lage des Aequators vermöge der Präcession geändert hat. Da wir aber die Orte der Fixsterne am Himmel als feste und ihrer Lage nach für jede Zeit genau bekannte Puncte gebrauchen, um an sie die Beobachtungen der veränderlichen Gestirne, der Planeten und Kometen, anzureihen, so muſs man eine Methode kennen, durch welche man aus der gegebenen Lage eines Fixsterns in Beziehung auf den Aequator für eine gegebene Zeit die Lage desselben für jede andere Zeit mit Sicherheit ableiten kann.

Fig. 289. Sey $S'SE$ die Lage der Ekliptik für irgend eine gegebene Epoche, für welche wir wieder den Anfang des Jahrs 1750 annehmen wollen, da sich von dieser Zeit (der Beobachtungen Bradley's auf der k. Sternwarte von Greenwich) unsere neueren, besten Beobachtungen datiren. Wir wollen diese Ekliptik, wie sie für 1750 statt hatte, die *feste Ekliptik* nennen. Für dieselbe Epoche soll der Aequator die Lage SA haben, so daſs also der Punct S in der Linie $S'SE$ den Frühlingspunct für den Anfang des Jahrs 1750 bezeichnet.

Nach t Jahren, also in dem Jahre $1750 + t$, soll die Ekliptik die Lage $S''E'$ und der Aequator die Lage $S'DA'$ angenommen haben, so daſs also jetzt S'' den Frühlingspunct anzeigt. Für die Zeit $1750 + t'$ endlich soll $S'''E''$ die Ekliptik, $\Sigma' DA''$ den Aequator und daher S''' den Frühlingspunct bezeichnen. Nach dieser, den Beobachtungen gemäſsen Zeichnung geht also der Durchschnittspunct des Aequators auf der *festen Ekliptik* rückwärts von S nach S', wodurch daher die Rectascension und Declination aller Sterne, so wie auch ihre Länge geändert wird, aber nicht ihre Breite,

Digitized by Google

wenn man nämlich, wie oben gesagt, von der durch die Planeten hervorgebrachten Bewegung abstrahirt, so daſs demnach dieser in t Jahren zurückgelegte Bogen auf der festen Ekliptik $SS' = \psi$ die *Lunisolarpräcession* bezeichnet. Wenn man aber die Sache vollständig betrachtet und daher auch auf diese Bewegung der Ekliptik Rücksicht nimmt, so wird während dieser t Jahre seit 1750 der Frühlingspunct nicht in S', sondern in S'' seyn, so daſs, wenn in der beweglichen Ekliptik S''E' der Punct S derselbe ist, der in der festen Ekliptik S'E ebenfalls durch S bezeichnet wurde, der Bogen $SS'' = \psi_{,}$ die eigentliche rückgängige Bewegung des Aequators in der Zeit t auf der beweglichen Ekliptik S''E' darstellt, wo dann dieser Bogen $SS'' = \psi_{,}$ nach dem Vorhergehenden die *allgemeine Präcession* genannt wird.

Es ist klar, daſs bei diesen Bewegungen beider Ebenen auch die Neigung derselben gegen einander geändert werden müsse. Zur Zeit unserer Epoche, im Anfange des Jahrs 1750, war diese Neigung oder die Schiefe der Ekliptik $ASE = 23^\circ 28' 18'',0$. Nach t Jahren aber seit dieser Epoche wollen wir diese Schiefe in Beziehung auf die feste Ekliptik durch e und in Beziehung auf die bewegliche Ekliptik durch $e_{,}$ bezeichnen, so daſs also $ES'A' = e$ und $E'S'A' = e_{,}$ ist. Für eine andere Zeit $1750 + t'$ wird diese Schiefe in Beziehung auf die feste Ekliptik $E\Sigma A'' = e'$ und in Beziehung auf die bewegliche Ekliptik $E''\Sigma''A'' = e'_{,}$ seyn. Wir haben die numerischen Werthe von ψ und $\psi_{,}$, so wie von e und $e_{,}$ für jede Zeit $1750 + t$ bereits oben mitgetheilt.

Es bezeichne M irgend einen Fixstern, und es sey der Bogen MA' senkrecht auf DA', so wie MA'' senkrecht auf DA''. Da nun S'' und Σ'' der Frühlingspunct für $1750 + t$ und für $1750 + t'$ ist, so hat man für die Rectascension a und für die Poldistanz p des Sterns von dem Pole des Aequators zur Zeit $1750 + t$

$$S''A' = a \text{ und } A'M = 90^\circ - p$$

und ebenso für die Zeit $1750 + t'$

$$\Sigma''A'' = a' \text{ und } A''M = 90^\circ - p',$$

und es wird nun darauf ankommen, die Gröſsen a' und p' zu finden, wenn a und p gegeben sind. Zu diesem Zwecke wollen wir zuerst den Bogen $S'S'' = \Theta$ suchen. In dem sphärischen

Dreiecke S'NS'' kennt man $NS'S'' = e$ und $NS''S' = 180^0 - e_,$, ferner die Differenz der Seiten $NS' - NS'' = \psi - \psi_,$. Man hat aber in jedem Dreiecke, dessen Winkel A, B, C und die gegenüberstehenden Seiten α, β, γ sind, die Gleichung

$$\text{Tang.}\tfrac{1}{2}\gamma = \frac{\text{Tang.}\tfrac{1}{2}(\alpha - \beta)\,\text{Sin.}\tfrac{1}{2}(A + B)}{\text{Sin.}\tfrac{1}{2}(A - B)},$$

also ist auch

$$\text{Tang.}\tfrac{1}{2}\,\Theta = \frac{\text{Tang.}\tfrac{1}{2}(\psi - \psi_,)\,\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(e_, - e)}{\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(e_, + e)}.$$

Nach dem Vorhergehenden ist aber

$\tfrac{1}{2}(\psi - \psi_,) = 0{,}0822\,t - 0{,}000122\,t^2$,
$\tfrac{1}{2}(e_, - e) = -0{,}2418\,t - 0{,}00000628\,t^2$,
$\tfrac{1}{2}(e_, + e) = 23^o\,28'\,18'',0 - 0{,}2418\,t + 0{,}00000356\,t^2$.

Also ist auch, wenn man die höheren Potenzen von t wegläſst,

$$\Theta = (\psi - \psi_,)\,\frac{\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(e_, - e)}{\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(e_, + e)} = \frac{(\psi - \psi_,)}{\text{Cos.}\,e}$$

oder

$$\Theta = 0'',179\,t - 0'',00027\,t^2.$$

Lassen wir von dem Stern M einen Bogen ML auf die feste Ekliptik SNE herab, so ist, da S der Frühlingspunct für die Epoche 1750 ist, $SL = \lambda$ die *Länge* und $LM = 90^0 - \pi$ die *Breite* des Sterns M für dieselbe Epoche. Suchen wir diese Gröſsen λ und π aus den gegebenen Gröſsen a und p zu bestimmen.

Da $SS' = \psi$, $S'S'' = \Theta$, also auch $S'L = \lambda + \psi$ und $S'A' = a + \Theta$ ist, so hat man (nach den im Art. *Aufsteigung* Bd. I. S. 525 gegebenen Formeln)

$$\left.\begin{aligned} \text{Sin.}\,\pi\,\text{Cos.}(\lambda + \psi) &= \text{Sin.}\,p\,\text{Cos.}(a + \Theta) \\ \text{Sin.}\,\pi\,\text{Sin.}(\lambda + \psi) &= \text{Sin.}p\,\text{Sin.}(a + \Theta)\,\text{Cos.}e + \text{Cos.}p\,\text{Sin.}e \\ \text{Cos.}\,\pi &= -\text{Sin.}p\,\text{Sin.}(a + \Theta)\,\text{Sin.}e + \text{Cos.}p\,\text{Cos.}e \end{aligned}\right\} \;..\,(A)$$

und diese Ausdrücke geben die gesuchten Gröſsen λ und π aus den gegebenen a und p. Wenn man aber auf diese Weise $SL = \lambda$ und $LM = 90^0 - \pi$ kennen gelernt hat, so findet man daraus auch die Rectascension $\Sigma''' A'' = a'$ und die Declination $A''M = 90^0 - p'$ für die Zeit 1750 + t', wenn man bemerkt, daſs $S\Sigma' = \psi'$ und $\Sigma'\Sigma''' = \Theta'$ ist, wo man hat

Digitized by Google

$$\Theta' = 0{,}179\,t' - 0{,}00027\,t'^2$$

und

$$\psi' = 50{,}3757\,t' - 0{,}0001218\,t'^2$$

und ebenso

$$e' = 23^0\,28'\,18'',0 + 0{,}000009842\,t'^2.$$

Man wird nämlich dazu dieselben bekannten Formeln der sphärischen Trigonometrie anwenden, durch welche man die Lage eines Sterns gegen den Aequator aus seiner bekannten Lage gegen die Ekliptik findet, so daſs man hat

$$\left.\begin{aligned} \text{Sin.}\,p'\,\text{Cos.}(a'+\Theta') &= \text{Sin.}\,\pi\,\text{Cos.}(\lambda+\psi') \\ \text{Sin.}\,p'\,\text{Sin.}(a'+\Theta') &= \text{Sin.}\,\pi\,\text{Sin.}(\lambda+\psi')\,\text{Cos.}\,e' \\ &\quad - \text{Cos.}\,\pi\,\text{Sin.}\,e' \\ \text{Cos.}\,p' &= \text{Sin.}\,\pi\,\text{Sin.}(\lambda+\psi')\,\text{Sin.}\,e' \\ &\quad + \text{Cos.}\,\pi\,\text{Cos.}\,e' \end{aligned}\right\}\ldots\,(B)$$

und diese Gleichungen (B) verbunden mit den vorhergehenden (A) geben die Auflösung des vorgelegten Problems. Man könnte aus diesen sechs Gleichungen auch die Gröſsen λ und π eliminiren, wodurch man die Auflösung unseres Problems auf zwei Gleichungen reducirt, die unmittelbar die gesuchten Gröſsen a' und p' aus den bekannten a und p geben.

Für einen Zwischenraum $t'-t$ von wenig Jahren ist der Unterschied $a'-a = \partial a$ und $p'-p = \partial p$ im Allgemeinen nur klein, daher man für diese Fälle bequemer auf folgende Art verfahren kann.

Da λ und π constant sind, so giebt die dritte der Gleichungen (B) durch Differentiation

$$\partial p\,\text{Sin.}\,p = -\partial\psi\,\text{Cos.}(\lambda+\psi)\,\text{Sin.}\,\pi\,\text{Sin.}\,e$$

oder

$$\partial p = -\partial\psi\,\text{Cos.}\,a\,\text{Sin.}\,e.$$

Ebenso geben die zwei ersten der Gleichungen (B)

$$\text{Tang.}(a+\Theta) = \frac{\text{Sin.}\,\pi\,\text{Sin.}(\lambda+\psi)\,\text{Cos.}\,e - \text{Cos.}\,\pi\,\text{Sin.}\,e}{\text{Sin.}\,\pi\,\text{Cos.}(\lambda+\psi)},$$

also auch, wenn man in Beziehung auf $(a+\Theta)$ und ψ differentiirt,

$$\frac{\partial a + \partial\Theta}{\text{Cos.}^2(a+\Theta)} = \partial\psi.[\text{Cos.}\,e + \text{Tang.}(a+\Theta).\text{Tang.}(\lambda+\psi)],$$

oder da nach den Gleichungen (A)

$$\text{Tang.}(\lambda + \psi) = \text{Tang. a Cos. e} + \frac{\text{Cotg. p Sin. e}}{\text{Cos. a}}$$

ist, auch

$$\frac{\partial a + \partial \Theta}{\text{Cos.}^2(a + \Theta)} = \partial \psi \left[\text{Cos. e} + \text{Tang.}^2 \text{a Cos. e} + \frac{\text{Sin. a Cotg. p Sin. e}}{\text{Cos.}^2 \text{a}}\right].$$

Setzt man daher der Kürze wegen

$$m = -\frac{\partial \Theta}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial t}\text{Cos. e}$$

und

$$n = \frac{\partial \psi}{\partial t}.\text{Sin. e},$$

so hat man für die jährliche Präcession in Rectascension und Poldistanz

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\partial a}{\partial t} = m + n\ \text{Sin. a Cotg. p} \\ \frac{\partial p}{\partial t} = -n.\text{Cos. a} \end{array}\right\} \dots (C)$$

Diese Gröſsen m und n aber findet man bequemer, wenn man den oben gegebenen Werth von

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = 50'',3757 - 0,00024359\,t$$

und

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = 0,179 - 0,00054\,t$$

zu Hülfe nimmt und $e = 23° 28' 18''$ für unsere Zeit setzt, nämlich

$$m = 46,0282 + 0.000309\,t,$$
$$n = 20,0644 - 0,000097\,t,$$

wo immer t die Anzahl Jahre seit 1750 bezeichnet und wo für Jahre *vor* dieser Epoche t negativ genommen wird.

Es giebt aber noch eine andere Auflösung dieser in der Astronomie sehr wichtigen Aufgabe, die Bohnenberger[1] mitgetheilt hat und die wir hier noch in Kürze anführen wollen. Statt nämlich, wie oben geschehn ist, das sphärische Dreieck S′NS″ als Verbindungsmittel der Frühlingspuncte zu gebrau-

1 S. Lindenau's Zeitschrift für Astronomie.

chen, kann man zu demselben Zwecke noch vortheilhafter das Dreieck $DS'\Sigma'$ wählen in welchem man hat $\Sigma' S' D = 180^\circ - e$, $S'\Sigma' D = e$ und $S'\Sigma' = \psi' - \psi$. Daraus findet man die drei übrigen Stücke dieses Dreiecks durch die bekannten Ausdrücke der sphärischen Trigonometrie, wo $S'D = 90^\circ - z$, $\Sigma' D = 90^\circ + z'$ und $S' D \Sigma' = \omega$ gesetzt worden ist:

$$\left.\begin{aligned} \text{Tang.}\tfrac{1}{2}(z'+z) &= \frac{\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(e'+e)}{\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(e'-e)}\,\text{Tang.}\tfrac{1}{2}(\psi'-\psi) \\ \text{Tang.}\tfrac{1}{2}(z'-z) &= \frac{\text{Sin.}\tfrac{1}{2}(e'-e)}{\text{Sin.}\tfrac{1}{2}(e'+e)}\,\text{Cotg.}\tfrac{1}{2}(\psi'-\psi) \\ \text{Tang.}\tfrac{1}{2}\,\omega &= \frac{\text{Sin.}\tfrac{1}{2}(z'+z)}{\text{Cos.}\tfrac{1}{2}(z'-z)}\,\text{Tang.}\tfrac{1}{2}(e'+e) \end{aligned}\right\} \quad .\,.\ (D)$$

Kennt man aber z, z' und ω, so findet man die unbekannten Gröſsen a' und p' sehr leicht auf folgende Art.

Für $1750 + t$ ist die Rectascension des Sterns M gleich $S''A' = a$, also auch $DA' = S''A' - S''D$ oder $DA' = S''A' - (S'D - S'S'') = a - (90^\circ - z - \Theta)$ und die Declination desselben ist $A'M = 90^\circ - p$. Fig. 290.

Für $1750 + t'$ aber ist die Rectascension $\Sigma' A'' = a'$, also ist auch $DA'' = \Sigma''' A'' - \Sigma''' D = \Sigma''' A'' - (\Sigma' D - \Sigma' \Sigma''')$ oder $DA'' = a' - (90^\circ + z' - \Theta')$ und die Declination $A''M = 90^\circ - p'$.

Verwandelt man daher in den bekannten Gleichungen, durch welche man Länge und Breite aus Rectascension und Declination sucht[1],

die Länge in $a' - (90^\circ + z' - \Theta')$

und

die Rectascension in $a - (90^\circ - z - \Theta)$

und setzt man die Schiefe gleich ω, so erhält man sofort die Ausdrücke

$$\left.\begin{aligned} \text{Tang.}\,x &= \text{Tang.}\,p\,\text{Cos.}(a+\Theta+z) \\ \text{Tang.}(a'+\Theta'-z') &= \frac{\text{Sin.}\,x\,\text{Tang.}(a+\Theta+z)}{\text{Sin.}(x-\omega)} \\ \text{Cos.}\,p' &= \frac{\text{Cos.}\,p\,\text{Cos.}(x-\omega)}{\text{Cos.}\,x} \end{aligned}\right\} \quad .\,.\ (E)$$

1 S. Art. *Aufsteigung*. Bd. I. S. 525.

wo man zur Prüfung der Rechnung noch die Gleichung hat

$$\text{Sin.}\,p' \,\text{Sin.}\,(a' + \Theta' - z') = \text{Sin.}\,p \,\text{Sin.}\,(a + \Theta + z).$$

Mit Hülfe dieser beiden Systeme (D) und (E) wird man also ebenfalls die Gröſsen a' und p' für die Zeit $1750 + t'$ finden können, wenn die Gröſsen a und p für die Zeit $1750 + t$ bekannt sind, und wenn man, wie bei der Verfertigung eines Sternkatalogs, eine groſse Anzahl von Fixsternen auf diese Weise zu reduciren hat, so wird man diese zweite Methode vorzugsweise anwenden, da in ihr die ersten Gleichungen (D) nur ein *einziges Mal* für *alle* Sterne berechnet werden dürfen, statt daſs man im Gegentheile bei der ersten Auflösung unseres Problems beide Systeme (A) und (B) für jeden einzelnen Stern besonders berechnen muſs. Bemerken wir noch, daſs die Gröſsen $\psi' - \psi$, $e' - e$ und $z' - z$ im Allgemeinen nur sehr klein sind, daher man statt der Gleichungen (D) auch folgende einfachere substituiren kann:

$$\left.\begin{aligned}
z' + z &= (\psi' - \psi)\,\frac{\text{Cos.}\,\frac{1}{2}\,(e' + e)}{\text{Cos.}\,\frac{1}{2}\,(e' - e)} = (\psi' - \psi)\,\text{Cos.}\,e \\
z' - z &= \frac{2\,(e' - e)}{(\psi' - \psi)\,\text{Sin.}\,e\,\text{Sin.}\,1''} \\
\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,\omega &= \frac{\text{Sin.}\,\frac{1}{2}\,(z' + z)}{\text{Cos.}\,\frac{1}{2}\,(z' - z)}\,\text{Tang.}\,e = (\psi' - \psi)\,\text{Sin.}\,e
\end{aligned}\right\}$$

Als Anleitung zum Gebrauch der vorhergehenden Ausdrücke wollen wir für einen dem Pol sehr nahen Stern annehmen, daſs für das Jahr 1800 seine Rectascension $a = 50°\,0'\,0''$ und seine Declination $= 90° - p = 89°\,30'\,0''$ betrage. Man suche seine Rectascension a' und seine Declination $90° - p'$ für den Anfang des Jahrs 1840.

Da sonach für diese zwei Zeiten $t = 50$ und $t' = 90°$ ist, so findet man aus den vorhergehenden Gleichungen

$$\begin{aligned}
\psi &= 2518'',480514, \\
\psi' &= 4532,826465, \\
e &= 23°\,28'\,18'',0246, \\
e' &= 23\;\;28\;\;18,0790,
\end{aligned}$$

so daſs man daher hat

$$\tfrac{1}{2}(\psi' - \psi) = 0^\circ\ 16'\ 47'',17,$$
$$\tfrac{1}{2}(e' + e) = 23^\circ\ 28'\ 18'',057,$$
$$\tfrac{1}{2}(e' - e) = 0^\circ\ 0'\ 0'',027,$$
$$\Theta = 8'',275 \text{ und } \Theta' = 13'',923,$$

und mit diesen Werthen geben die Gleichungen (D)

$$z' + z = 1847'',672 \text{ oder } z' = 937'',997,$$
$$z' - z = 28'',322 \qquad z = 909'',675,$$
$$\omega = 0^\circ\ 13'\ 22'',316$$

und hiermit endlich die Gleichungen (E)

$$x = 0^\circ\ 19'\ 10'',88,$$
$$a' + \Theta' - z' = 75^\circ\ 51'\ 51'',37,$$
$$p' = 0^\circ\ 23'\ 50'',$$

so daſs man daher als Endresultat für das Jahr 1840 erhält:

Rectascension . . . $a' = 76^\circ\ 7'\ 15'',44$,
Declination . . $90^\circ - p' = 89^\circ\ 36'\ 10''$.

In diesen 40 Jahren ist demnach die Rectascension des Sterns um $16^\circ\ 7'\ 15'',44$ und die Declination um $0^\circ\ 6'\ 10''$ gröſser geworden.

Hätte man dasselbe Beispiel durch die abgekürzten Formeln (C) berechnen wollen, was nicht angeht, da der Stern dem Pole zu nahe steht und daher die Wirkung der Präcession bei ihm sehr groſs ist, so hätte man gefunden

$$t = 90, \quad m = 46'',0560, \quad n = 20'',0557,$$

also auch jährliche Präcession in Rectascension

$$\frac{\partial a}{\partial t} = 1806'',546$$

und in Poldistanz

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -12'',8915.$$

Nimmt man diese beiden Zahlen vierzig Mal, so erhält man:

$$40\frac{\partial a}{\partial t} = 20^\circ 4' 21'',84;\ 40\frac{\partial p}{\partial t} = -0^\circ\ 8'\ 35'',7$$
$$a = 50^\circ \qquad\qquad p = 0\ 30\ 0,0$$
$$a' = 70^\circ\ 4'\ 21'',84, \qquad p' = 0^\circ\ 21'\ 24'',3,$$

also die Poldistanz um $0^\circ\ 2'\ 26''$ und die Rectascension sogar um $5^\circ\ 47'\ 30''$ zu klein. Für solche Sterne aber, die nicht zu nahe

bei den Polen sind, werden die abgekürzten Formeln (C) für einen Zeitraum von funfzig Jahren immer hinlänglich genau seyn. Uebrigens muſs bemerkt werden, daſs auch die oben für ψ, $\psi_,$ und für e, $e_,$ gegebenen Ausdrücke ebenfalls nur abgekürzt sind und etwa für Intervalle von zweihundert Jahren gebraucht werden können. Laplace[1] hat genauere Formeln mitgetheilt, von welchen wir hier nur die für $\psi_,$ und $e_,$ anführen. Er findet nämlich

$$\varphi_, = 50'',21129\,t - 4627'',46\ \mathrm{Sin.}\,(13'',94645\,t) + 20154'',03\ \mathrm{Sin.}^2\,(16'',05788\,t),$$

$$e_, = 23^\circ\,28'\,18'',0 - 3347'',05\ \mathrm{Sin.}\,(32'',11575\,t) - 2382'',44\ \mathrm{Sin.}^2\,(6'',973225\,t),$$

und diese Ausdrücke sollen auf tausend bis zwölfhundert Jahre gelten[2].

E. Allgemeine Betrachtungen über den Gang der Nachtgleichen und die Schiefe der Ekliptik.

Von diesen Werthen der Gröſsen ψ oder $\psi_,$ ist derjenige Theil, der bloſs von der Wirkung der Sonne und des Monds auf die abgeplattete Erde abhängt, durch alle Zeiten constant und gleichförmig, daher auch dieser Theil die Form a.t hat, worin a eine constante Gröſse und t die Anzahl Jahre seit einer bestimmten Epoche bedeutet. Aber der andere, allerdings sehr kleine Theil von ψ, der von der Wirkung der Planeten auf die Erdbahn abhängt, so wie auch die totale Aenderung der Schiefe oder die ganzen Werthe von e und $e_,$, die allein von dieser Wirkung der Planeten abhängen, sind mit der Zeit veränderlich. Wie nämlich die Lage der sämmtlichen Planetenbahnen gegen die Erde eine andere wird, als sie jetzt ist, so werden auch jene Theile von ψ und $\psi_,$, so wie die ganzen Werthe von e und $e_,$, ebenfalls anders werden, und wenn einmal in der Folge der Jahrtausende die Lage

---

1 Mécan. céleste. T. III. p. 158.

2 M. s. Laplace's erstes Mémoire über diesen Gegenstand in Mém. de l'Acad. de Paris 1788 und die letzte groſse Arbeit über denselben von Poisson sur le mouvement de la terre autour de son centre de gravité, in den Mém. de l'Acad. des Sciences. Vol. VII.

Digitized by Google

jener Planetenbahnen wieder die heutige seyn wird, so werden auch die Werthe von ψ und e wieder dieselben seyn, die sie jetzt sind. Während also jener von der Sonne und dem Monde kommende Theil at der Störung der Rotation unserer Erde in der That mit der Zeit ohne Ende progressiv fortgeht, sind diese andern Theile nur als periodisch wiederkehrende Gröſsen zu betrachten, obschon die Zeiträume, welche diese Perioden bilden, viele Jahrtausende umfassen. Jetzt sind die Bahnen aller Planeten auf eine solche Art im Weltraume vertheilt, ihre Knoten haben jetzt eine solche Lage und ihre Neigungen eine solche Gröſse unter einander, daſs die Gesammtwirkung dieser Planeten auf die Erdbahn (nicht auf die Erde selbst) eine vorwärtsgehende Bewegung der Aequinoctien von jährlich $\frac{\psi - \psi_{,}}{t} = 0'',165$ beträgt, während dieselben Aequinoctien, durch die constante Einwirkung der Sonne und des Monds auf die abgeplattete Erde, jährlich um $\frac{\psi}{t} = 50'',3757$ rückwärts gehn. Die Schiefe der Ekliptik aber, die durch jene Einwirkung der Sonne und des Monds auf die Erde gar nicht geändert wird, leidet durch die Störung der Planeten in unsern Tagen eine jährliche Verminderung von $0'',48368$. Allein die Lage der Planetenbahnen wird sich in der Folge der Zeiten so ändern, daſs das gegenwärtige, durch die Wirkung der Planeten verursachte Vorwärtsgehn von jährlich $0'',165$ ebenfalls in ein Rückwärtsgehn und daſs die gegenwärtige Abnahme der Schiefe der Ekliptik in eine Zunahme derselben übergeht. Genauere Rechnungen zeigen, daſs seit Hipparch's Zeiten, also seit zweitausend Jahren, die Nachtgleichen durch die Wirkung der Planeten immer vorwärts gehn, aber auch immer langsamer vorwärts gehn, und daſs sie in nahe 400 Jahren (also um das J. 2200 nach Chr. G.) wieder anfangen werden rückwärts zu gehn. Seit Hipparch ist also die constante und immer rückwärtsgehende *Lunisolarpräcession* $\psi = 50'',3757\,t$ durch die Wirkung der Planeten verkleinert worden, oder $\psi_{,}$ ist kleiner als ψ, aber von dem Jahre 2200 an wird umgekehrt die Gröſse $\psi_{,}$ gröſser als ψ seyn. Ebenso ist, der mathematischen Theorie zu Folge, die Schiefe der Ekliptik um das Jahr 30000 vor Chr. G. am gröſsten und gleich 27° 31′ gewesen. Seit jener unvordenklichen Zeit hat

sie 15000 Jahre hindurch stets abgenommen, bis sie gegen das Jahr 15000 vor Chr. G. ihren kleinsten Werth 21° 20′ erreichte. Seit dieser zweiten Epoche nahm sie wieder zu, bis zu dem Jahre 2000 vor Chr., wo sie ihren gröſsten Werth 23° 53′ hatte, und seitdem ist sie wieder in steter Abnahme begriffen, bis sie im J. 6600 nach Chr. G. ihren kleinsten Werth 22° 54′ erhalten und von da an wieder bis gegen das Jahr 20000 nach Chr. G. zunehmen und wieder ihren gröſsten Werth von 25° 21′ erreichen wird. Diese Perioden der Ab- und Zunahme der Schiefe der Ekliptik sind also, obschon unter sich ungleich, doch sämmtlich sehr groſs, da sie 9000 bis 15000 Jahre betragen; aber die Grenzen, zwischen welchen die Schiefe auf- und abgeht, sind dessenungeachtet nur klein, da selbst die äuſsersten Werthe derselben noch nicht sieben Grade unter einander verschieden sind. Da aber von der Schiefe der Ekliptik unsere Jahreszeiten abhängen, so gab es wohl Zeiten, und sie werden im Kreislauf der folgenden Jahrhunderte wiederkommen, wo unsere Sommer und Winter strenger, wo unsere längsten Tage und Nächte in diesen beiden Jahreszeiten länger waren, als sie jetzt sind, aber der Unterschied wird, da die gröſste Aenderung der Schiefe nur einige Grade beträgt, immer nur gering seyn, und in einer groſsen Reihe von Jahrhunderten werden die Jahreszeiten sich im Allgemeinen ebenso regelmäſsig folgen, als wir dieses jetzt bemerken. Ein gänzliches Zusammenfallen der Ekliptik mit dem Aequator aber, wie Viele aus der gegenwärtigen Abnahme der Schiefe schlieſsen wollten, wird nie eintreten, und der ewige Frühling, der die unmittelbare Folge jenes Zusammenfallens beider Ebenen seyn würde, ist daher ebenso wenig auf der Erde zu erwarten, als der ewige Friede, von dem der Abbé St. Pierre so schön geträumt hat.

Wir haben oben[1] die zwei Fälle angegeben, für welche die rotirende und die progressive Bewegung eines Körpers, auf welchen äuſsere Kräfte einwirken, von einander ganz unabhängig sind, nämlich I. wenn der Körper, dessen Gestalt welche immer seyn mag, bloſs der constanten Kraft der Schwere unterworfen ist, wie bei den über der Erde im leeren Raume geworfenen Körpern, und II. wenn, bei was immer für Kräften, der Körper die Gestalt einer vollkommenen

1 S. Art. *Umdrehung*. S. 1170.

Kugel hat. In dem letzten Falle wird sich die Kugel beständig und gleichförmig um einen ihrer Durchmesser drehn, und dieser Durchmesser wird die constante und unveränderliche Rotationsaxe und sich selbst immer parallel bleiben, während sich der Mittelpunct derselben (wie dieses bei der Erde der Fall wäre, wenn sie eine vollkommene Kugelgestalt hätte) gleich einem materiellen Puncte in seiner elliptischen Bahn um die Sonne bewegen würde, eine Bahn, in welcher dieser Schwerpunct von der Einwirkung der Planeten noch so viele Störungen erleiden könnte, ohne daſs dadurch die Rotation der kugelförmigen Erde um ihre constante Axe im Geringsten gestört werden würde. Nicht so aber ist es, wenn die Erde, wie es in der That der Fall ist, die Gestalt eines an ihren beiden Polen abgeplatteten Sphäroids hat. Denn wenn bei einem solchen Sphäroid die Rotationsaxe im Anfange der Bewegung nicht genau mit der Axe der Figur, die durch die beiden Pole geht, zusammengefallen ist, so wird die Rotationsaxe veränderlich seyn und um jene Polaraxe hin und her oscilliren, und sonach wird diese Rotationsaxe I. zu verschiedenen Zeiten auch durch verschiedene Puncte der Oberfläche der Erde gehn, und dann wird auch diese Rotationsaxe II., wenn man sie zu beiden Seiten bis an den Himmel verlängert, nach und nach durch verschiedene Puncte des Himmels gehn, da ihre Bewegungen nicht unter einander parallel sind.

Die unter II angeführten Erscheinungen haben wir so eben besprochen, und sie sind es, die das Phänomen der Präcession constatiren. Allein die unter I enthaltenen Veränderungen, nach welchen die Rotationsaxe nach und nach durch verschiedene Puncte der Oberfläche der Erde gehn soll, haben wir bisher noch nicht berücksichtiget. Es ist sehr schwer, sich von diesen Veränderungen durch die mathematische Analyse strenge Rechenschaft zu geben. Wenn sie in der That statt haben, so müſsten sich die beiden Erdpole und mit ihnen der irdische Aequator selbst auf der Oberfläche der Erde mit der Zeit verrücken und durch ganz andere Orte der Erde gehn, als sie früher gegangen sind. Die Gröſse oder die Amplitüde dieser Verrückungen und die Dauer ihrer Periode wird von der Verschiedenheit der drei Momente der Trägheit dieses Sphäroids abhängen. Ist aber a die halbe groſse und b die

halbe kleine Axe der Ellipse, deren Umdrehung um die kleine Axe das Erdsphäroid giebt, so hat man (wenn man in dem Artikel *Moment* S. 2332 die Gröſse $a = b$ und $c = b$ setzt) für diese Momente der Trägheit des Sphäroids in Beziehung auf die Axe der

$$x \ldots \quad A = \frac{4\pi a^2 b}{15}(a^2 + b^2),$$

$$y \ldots \quad B = \frac{4\pi a^2 b}{15}(a^2 + b^2),$$

$$z \ldots \quad C = \frac{8\pi a^4 b}{15},$$

wo z die Rotationsaxe des Sphäroids bezeichnet. Nimmt man aber die Abplattung der Erde, den neuesten Bestimmungen zufolge, gleich

$$\frac{a-b}{b} = \frac{1}{304},$$

und setzt man $a = 1$, so ist $b = \frac{304}{305} = 0{,}9967$, also sind auch diese Momente der Trägheit für das Erdsphäroid

$$A = B = 1{,}66448,$$
$$C = \quad 1{,}66999,$$

und da die Differenz $C - A$ oder $C - B$ nur $0{,}00551$ oder sehr klein ist, so kann auch die unter I angeführte Verrückung der Pole auf der Oberfläche der Erde nur sehr gering seyn, während die Periode dieser Schwankungen, wenn sie ja statt haben, offenbar nahe dem Jahre unserer Erde gleich seyn muſs. Allein unsere neuesten und besten astronomischen Beobachtungen haben in der Distanz des Weltpols vom Zenith der einzelnen Beobachter auch nicht die geringste Veränderung in den verschiedenen Jahreszeiten gezeigt, so daſs daher diese Aenderungen, wenn sie überhaupt existiren, für uns ganz unmerklich seyn müssen. Es bleibt daher, als Wirkung der Präcession, nur die in II erwähnte Verrückung der Rotationsaxe der Erde übrig, nach welcher nämlich diese Axe zwar immer durch dieselben Puncte der Oberfläche der Erde geht, während ihre Verlängerung dem Himmel zu beiden Seiten mit der Zeit an verschiedenen Orten begegnet, so daſs demnach diese für die Erde selbst unveränderliche Rotationsaxe

Digitized by Google

mit der Erde zugleich von einem Fixsterne zum andern fortgeht, indem sie nämlich um den festen Pol der Ekliptik am Himmel sehr nahe die Peripherie eines Kreises beschreibt. Die Einwirkung der Sonne und des Monds auf die abgeplattete Erde bringt also in der *absoluten Lage* der irdischen Rotationsaxe (wenn man diese Lage auf fixe Puncte des Himmels bezieht) diejenige Veränderung hervor, die wir oben mit der Benennung der Präcession bezeichnet haben, aber die Kräfte der beiden erwähnten Gestirne sind unvermögend, diese Axe, *im Innern der Erde selbst*, zu verrücken, so wie sie auch die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Drehung um diese Axe nicht zu ändern im Stande sind. Diese Erde dreht sich daher immer um eine und dieselbe Axe, die zugleich die Axe ihrer sphäroidischen Figur ist, und die Rotation derselben um diese Axe ist constant, obschon diese Axe selbst im Weltraume ihre Lage mit der Zeit immer ändert. Man kann sich diese Rotation durch eine an zwei entgegengesetzten Puncten ihrer Oberfläche abgeplattete Orange vorstellen, wenn man durch diese beiden Puncte einen Stift steckt und die Orange um diesen Stift gleichförmig dreht, während man zugleich dem Stifte (sammt der mit ihm unveränderlich verbundenen Orange) nach und nach verschiedene Neigungen im Raume giebt.

F. Veränderlichkeit des Jahres.

Da die Rotation der Erde um ihre Axe, wie wir im vorhergehenden Abschnitte gesehn haben, vollkommen gleichförmig ist, so ist auch die Rotationszeit der Erde oder der *Sterntag*[1] für alle Zeiten von derselben unveränderlichen Dauer, womit alle unsere Beobachtungen übereinstimmen. Nicht so ist es aber mit der Dauer des Jahres. Das *siderische Jahr* der Erde ist ebenfalls unveränderlich, wie die groſse Axe der Erdbahn, mit welcher das Jahr durch das bekannte dritte Gesetz Kepler's verbunden ist. Das siderische Jahr ist nämlich die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen der Erde, von der Sonne gesehn, durch denselben fixen Punct des Himmels. Das *tropische Jahr* der Erde aber oder die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen der Erde durch die Puncte der Nacht-

1 S. Art. *Sternzeit*. Bd. VIII. S. 1031.

gleichen ist offenbar veränderlich, weil nach dem Vorhergehenden die Nachtgleichen selbst veränderlich sind. Da aber dieses tropische Jahr es ist, von dem unsere Jahreszeiten abhängen, und dessen wir uns in unsern Kalendern, in allen bürgerlichen Geschäften und selbst in unsern astronomischen Rechnungen bedienen, so ist es nothwendig, die Variationen desselben näher kennen zu lernen.

Dieses *tropische Jahr* ist nämlich kürzer, als das wahre oder siderische Jahr, und zwar um die Zeit, welche die Erde gebraucht, mit ihrer mittleren Bewegung den Bogen $\psi_{,}$ zurückzulegen, welcher der Präcession in einem Jahre gleich ist, weil der Frühlingspunct durch die Präcession rückwärts geht und daher der vorwärts gehenden Erde eher begegnet, als wenn er seinen Ort am Himmel unverändert beibehalten hätte. Allein dieser Bogen $\psi_{,}$ besteht, wie wir gesehn haben, aus zwei Theilen, von welchen der eine, die *Lunisolarpräcession* $\psi = 50'',3757$, constant und der andere $= -0'',1644$ von den Planeten abhängig und variabel ist, so daſs die Summe beider $50'',3757 - 0'',1644 = 50'',2113$ gleich $\psi_{,}$ oder gleich der sogenannten *allgemeinen Präcession* wird. Wenn dieser zweite Theil, der jetzt gleich $-0'',1644$ ist, mit der Folge der Zeiten noch gröſser werden und dabei immer negativ bleiben sollte, so wird das tropische Jahr der Erde auch immer kürzer werden, und umgekehrt. Wir wollen dasjenige tropische Jahr, welches von diesem Einflusse der Planeten ganz frei oder für welches dieser zweite Theil gleich Null ist, das *mittlere tropische Jahr* nennen. Um die Länge desselben zu finden, wird man also von dem gegenwärtig statt habenden tropischen Jahre, das nach den neuesten Bestimmungen 365 Tage 5 Stunden 48 Min. 50,832 Secunden in mittlerer Sonnenzeit beträgt, die Zeit abziehn, während welcher die Sonne in ihrer mittleren Bewegung den Bogen $0'',1644$ zurücklegt. Da die Sonne in einem mittleren Tage oder in 86400 Secunden mit ihrer mittleren Bewegung den Bogen $0^{\circ}\,59'\,8'',33 = 3548'',33$ zurücklegt, so wird sie durch den Bogen von $0'',1644$ in der Zeit

$$(0'',1644)\,\frac{86400}{3548,33},$$

das heiſst, sehr nahe in 4 Zeitsecunden gehn, oder mit andern Worten, das gegenwärtige tropische Jahr ist um 4 Sec. gröſser,

als das mittlere, so daſs daher die gesuchte Länge des mittlern Jahres gleich

365 Tage 5 Stund. 48 Min. 46″,832

ist. Die mathematische Analyse zeigt, daſs das Jahr am gröſsten, nämlich um 38″ gröſser, als dieses mittlere, gewesen ist im Jahre 3040 vor Chr. G. und daſs es seit dieser Zeit immer abgenommen hat und auch noch ferner abnehmen wird, bis zum Jahre 7600 nach Christus, wo es gleich 365 T. 5 St. 48 M. 8,832 Sec., also 38″ kleiner als das mittlere seyn wird, von welcher Zeit an es dann allmälig wieder an Länge zunehmen wird. Zur bequemen Uebersicht stellen wir hier die verschiedenen Längen des tropischen Jahres in einer kleinen Tabelle zusammen.

Im Jahre	war (wird seyn) die Länge des tropischen Jahres				
3040 vor Chr. G. ..	365 T.	5 St.	49 M.	24,83 Sec.	Maximum
1800 nach Chr. ..	365	5	48	50,83	gegenwärtig
2360 nach Chr. ..	365	5	48	46,83	mittlerer Werth
7600 nach Chr. ..	365	5	48	8,83	Minimum

Demnach ist das tropische Jahr seit Hipparch (der 140 Jahre vor Chr. G. lebte) bis auf unsere Zeiten um 14 Secunden kürzer geworden.

Uebrigens bedarf es wohl kaum der Erinnerung, daſs die im Vorhergehenden angegebenen Epochen für die verschiedene Länge des Jahrs, so wie für die Zu- und Abnahme der Schiefe der Ekliptik nicht auf die Genauigkeit von einzelnen Jahren, kaum auf die von einem Jahrhundert Anspruch machen können. Die Rechnungen, welche diesen Resultaten zu Grunde liegen, beziehn sich wesentlich auf die Gröſse der Massen der störenden Planeten, und diese sind uns keineswegs noch so genau bekannt, daſs wir mit ihnen mit Sicherheit vor- und rückwärts auf Ereignisse schlieſsen dürfen, die mehrere Jahrtausende von uns entfernt sind. Wenn aber unsere späten Nachkommen diese Massen einmal genau werden kennen gelernt haben, so werden sie mit denselben Rechnungen, deren wir uns jetzt bedienen, jene so weit von uns entfernten Veränderungen unsers Planetensystems mit groſser Sicherheit bestimmen.

Digitized by Google

G. Aeuſsere Störungen der Rotation der Erde.

Alle vorhergehende Untersuchungen setzen übrigens die Erde als eine durchaus feste Masse voraus. Man könnte daher noch zweifeln, ob nicht die Meere, welche einen so groſsen Theil der Oberfläche der Erde bedecken und die überdieſs durch die Ebbe und Fluth so groſsen Schwankungen unterworfen sind, einen störenden Einfluſs auf die Rotation der Erde ausüben mögen. Allein Laplace hat in seiner unsterblichen Méc. céleste gezeigt, daſs die Erscheinungen der Präcession für die mit dem Ocean, dessen Tiefe gegen den Halbmesser der Erde so ungemein klein ist, bedeckte Erde ganz dieselben seyn würden, als wenn das Meer mit der übrigen Erde eine einzige feste Masse bildete, und daſs ebenso wenig die Passatwinde, welche zwischen den beiden Wendekreisen beständig von Ost nach West wehn, die Rotation der Erde auf irgend eine uns merkliche Weise zu stören im Stande sind. Auch die Erdbeben, Vulcane u. s. w. scheinen nach Laplace's Untersuchungen keinen bemerkbaren Einfluſs auf die Rotation der Erde hervorbringen zu können. Um eine solche Wirkung zu erzeugen, müſsten sehr beträchtliche Massen ihren Ort auf der Oberfläche der Erde verlassen, um eine andere Stelle einzunehmen, wie wenn z. B. ganze groſse Gebirgszüge von einem Orte zum andern übertragen würden; allein von solchen gewaltsamen Versetzungen können wir kein Beispiel, nicht einmal die Möglichkeit nachweisen. Bloſs die seit dem Ursprunge der Erde ohne Zweifel stark verminderte Temperatur ihres Innern könnte die Länge des ehemaligen Tags sehr verkürzt haben, allein es ist bereits oben (Art. *Tag*) gesagt worden, daſs diese Abkühlung in unserer Zeit, wenn sie überhaupt noch statt hat, gewiſs ungemein langsam vor sich geht und daſs die Temperatur auf der Oberfläche der Erde seit Jahrtausenden schon als constant und unveränderlich angenommen werden kann.

H. Nutation oder Wanken der Erdaxe.

Nach dem Vorhergehenden ist die Lunisolarpräcession eine Folge der Anziehung der Sonne und des Monds auf die abgeplattete Erde. Wenn die Sonne sich nicht in der Ebene

Digitized by Google

der Ekliptik, sondern wenn sie sich in der des irdischen Aequators bewegte, so würde die Präcession nicht statt haben, denn nur der Umstand, daſs die Sonne ein halbes Jahr über und ebenso lange unter der Massenanhäufung, die einem Ringe oder einem Wulste gleich den Erdäquator bildet, sich befindet, macht, wie wir gesehn haben, den Durchschnitt dieser beiden Ebenen, des Aequators und der Ekliptik, auf der letztern Ebene rückwärts gehn. Es ist offenbar, daſs für eine andere Schiefe, als die gegenwärtige ist, die Präcession auch eine andere seyn würde.

Dasselbe gilt nun auch von dem Monde. Wenn sich dieser Trabant gleich der Sonne in der Ebene der Ekliptik bewegte, so würde sein Antheil an der Präcession ebenfalls ein constanter seyn, wie dieses bei der Sonne der Fall ist. Allein die Mondbahn ist bekanntlich gegen die Ekliptik um den Winkel von 5° 9′ geneigt und die Knoten seiner Bahn auf der Ekliptik gehn rückwärts, und zwar so schnell, daſs sie in nahe 18 Jahren die ganze Peripherie ihres Kreislaufes vollenden. Dadurch kommt es denn, daſs die Mondbahn gegen die bis an den Himmel verlängerte Ebene des irdischen Aequators bald 5° 9′ mehr, bald ebenso viel weniger, als die Ekliptik selbst, geneigt ist, oder mit andern Worten: die Neigung der Mondbahn gegen den irdischen Aequator ist veränderlich. Ihre mittlere Neigung beträgt, wie die der Ekliptik, 23° 28′, ihre gröſste aber ist gleich 28° 37′ und ihre kleinste 18° 19′, und die Periode dieser Veränderung ist gleich 18 Jahren.

Aus dieser regelmäſsigen Ab- und Zunahme der Neigung der Mondbahn gegen den Aequator folgt daher sofort, daſs auch der Antheil, welchen der Mond an der Präcession hat, ebenfalls ab- und zunehmen muſs, und daſs auch diese letzte Veränderung in dieselbe Periode von 18 Jahren eingeschlossen oder daſs sie von der Länge der Mondknoten abhängig seyn wird. Bradley, einer der gröſsten beobachtenden Astronomen, hat bereits gegen das Jahr 1750 auf praktischem Wege diejenigen Veränderungen der Fixsterne aufgefunden, die von dieser Einwirkung des Monds auf die abgeplattete Erde herrühren. Nach seiner Bestimmung kann man diese Veränderungen darstellen, wenn man annimmt, daſs der Ort des Frühlingspunctes, von welchem man alle Längen auf der

Digitized by Google

Ekliptik zählt, und daſs auch die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator einer Störung unterworfen seyn muſs, wovon jene gleich — 16″,8 Sin. ☊ und diese = + 9″,0 Cos. ☊ ist, wo ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn auf der Ekliptik bezeichnet. Durch die Theorie hat man später diese Ungleichheiten noch genauer bestimmt und für diese Störungen der Länge λ und der Schiefe e der Ekliptik folgende Ausdrücke gefunden:

$$\partial\lambda = -16'',783\ \mathrm{Sin.}\,☊ + 0'',161\ \mathrm{Sin.}\,2\,☊ \\ - 1'',336\ \mathrm{Sin.}\,2\odot - 0'',201\ \mathrm{Sin.}\,2\,☾$$

und

$$\partial e = +8'',977\ \mathrm{Cos.}\,☊ - 0'',088\ \mathrm{Cos}\,2\,☊ \\ + 0'',580\ \mathrm{Cos.}\,2\odot + 0'',087\ \mathrm{Cos.}\,2\,☾,$$

wo ⊙ und ☾ die Länge der Sonne und des Monds bezeichnen[1].

Auch diese Aenderungen des Frühlingspuncts und der *Schiefe* der Ekliptik bestehn, wie die Lunisolarpräcession, in einer Bewegung des Aequators um die als ruhend angenommene Ekliptik, wobei also die Breite der Sterne ebenfalls nicht geändert wird. Während also der Einfluſs der Sonne auf die abgeplattete Erde constant ist, besteht der Einfluſs des Mondes auf dieselbe aus zwei Theilen, von welchen der erste ebenfalls constant, der zweite aber veränderlich ist. Die Summe jener beiden constanten Einwirkungen wurde die *Lunisolarpräcession* genannt, und dieser letzte veränderliche Theil, der ganz der Einwirkung des Monds in Verbindung mit der Verschiedenheit der Neigung seiner Bahn gegen den irdischen Aequator angehört, heiſst die *Nutation* oder das Wanken des irdischen Aequators oder, was dasselbe ist, das Wanken der Erdaxe.

Wenn wir uns alle bisher angeführten Veränderungen bildlich darstellen wollen, so können wir annehmen, daſs der
Fig. 291. Mittelpunct E des Kreises PQRS den Pol der Ekliptik vorstelle und daſs in der Peripherie dieses Kreises, dessen Halbmesser EP = e gleich der Schiefe der Ekliptik ist, der Pol P des Aequators sich gegen die Ordnung der Zeichen in der Richtung PQRS jährlich um $\psi = 50'',3757$ weiter bewege.

1 S. Laplace Méc. céleste. T. II.

Dadurch wird die *Lunisolarpräcession* ausgedrückt, die bloſs die constante Wirkung der Sonne und des Monds auf die abgeplattete Erde ist. Allein durch die Wirkung der Planeten wird auch, wie wir gesehn haben, die Ekliptik aus ihrer Lage gebracht, daher wir den Pol E der Ekliptik nicht mehr ruhend, sondern in einer krummen Linie e f g h um den Punct E sich bewegen lassen müssen, wodurch denn die Schiefe der Ekliptik Pe, Qf, Rg u. s. w. ebenfalls mit der Zeit geändert wird. Da endlich durch die Nutation der Aequinoctialpunct sowohl, als auch die Schiefe der Ekliptik eine alle 18 Jahre wiederkehrende Aenderung erleidet, so wird man, um auch diese Nutation in der Zeichnung darzustellen, den Pol P des Aequators nicht mehr, wie zuvor, in der Peripherie PQRS.. jenes Kreises, sondern vielmehr in einer Art von Schlangenlinie Ppqrs.. einhergehn lassen, in welcher der wahre Pol p dem mittleren P bald etwas voraus-, bald etwas zurücksteht und bald dem mittleren Pole E der Ekliptik näher, bald wieder von ihm entfernter ist, als der wahre Pol P des Aequators.

I. Reduction der Gestirne wegen der Nutation.

Da durch die Nutation der Frühlingspunct auf der Ekliptik verschoben und auch durch die Bewegung des Aequators die Schiefe der Ekliptik verändert wird, so wird dadurch zwar nicht die Breite, wohl aber die Länge, die Rectascension und endlich die Declination aller Gestirne geändert. Damit aber die Beobachtungen dieser Gestirne, wie sie an verschiedenen Tagen angestellt werden, unter sich vergleichbar seyn mögen, oder auch, damit man sie alle auf eine bestimmte Epoche, z. B. auf den Anfang des Beobachtungsjahrs, reduciren könne, muſs man die an jedem Tage beobachtete Rectascension und Declination derselben von der Nutation befreien, um sie auf diejenige zu bringen, die ohne diese Nutation statt gehabt hätte. Nehmen wir also an, a und $90° - p$ seyen die Rectascension und Declination eines Fixsterns für einen bestimmten Tag, wenn keine Nutation existirte. Man suche die daraus folgende, durch die an diesem Tage statt habende Nutation veränderte Rectascension a′ und Declination $90° - p'$.

Digitized by Google

Man pflegt in der Astronomie diese Gröſsen a und p die *mittleren* und a′ und p′ die *scheinbaren* Positionen des Sterns zu nennen, weil dem Beobachter diese Gestirne in der That unter dieser Rectascension a′ und dieser Declination 90° — p′ *erscheinen.*

Um nun die Gröſsen a′ und p′ aus den gegebenen Gröſsen a und p zu finden, suche man zuerst die Länge λ und Breite 90° — π des Sterns in Beziehung auf die Ekliptik. Diese sind aber durch die bekannten Gleichungen der sphärischen Trigonometrie gegeben:

$$\left.\begin{aligned} \text{Sin.}\,\pi\ \text{Cos.}\,\lambda &= \text{Sin.}\,p\ \text{Cos.}\,a \\ \text{Sin.}\,\pi\ \text{Sin.}\,\lambda &= \text{Cos.}\,p\ \text{Sin.}\,e + \text{Sin.}\,p\ \text{Sin.}\,a\ \text{Cos.}\,e \\ \text{Cos.}\,\pi &= \text{Cos.}\,p\ \text{Cos.}\,e - \text{Sin.}\,p\ \text{Sin.}\,a\ \text{Sin.}\,e \end{aligned}\right\}$$

wo e, die Schiefe der Ekliptik, aus der oben gegebenen Formel

$$e = 23°\ 28'\ 18'',0 - 0'',48368\ t$$

genommen wird, wenn t die Anzahl Jahre seit 1750 *bezeichnet.* Vermehrt man dann die so gefundenen Werthe von λ und e um die im Anfange dieses Artikels gegebenen Werthe von $\partial\lambda$ und ∂e, so daſs also die durch die Nutation veränderte Länge des Sterns $\lambda' = \lambda + \partial\lambda$ und die durch die Nutation veränderte Schiefe $e' = e + \partial e$ wird, so wird man aus dieser Länge λ' und Breite π des Sterns, mit der Schiefe e′, folgende scheinbare Rectascension a′ und Declination 90° — p′ desselben finden:

$$\left.\begin{aligned} \text{Sin.}\,p'\ \text{Cos.}\,a' &= \text{Sin.}\,\pi\ \text{Cos.}\,\lambda' \\ \text{Sin.}\,p'\ \text{Sin.}\,a' &= \text{Sin.}\,\pi\ \text{Sin.}\,\lambda'\ \text{Cos.}\,e' - \text{Cos.}\,\pi\ \text{Sin.}\,e' \\ \text{Cos.}\,p' &= \text{Sin.}\,\pi\ \text{Sin.}\,\lambda'\ \text{Sin.}\,e' + \text{Cos.}\,\pi\ \text{Cos.}\,e' \end{aligned}\right\}$$

und durch diese zwei Systeme von Gleichungen ist unsere Aufgabe vollständig aufgelöſt.

Auch diese Aufgabe läſst sich, wie oben die analoge für die Präcession, noch auf eine zweite vortheilhaftere Weise auflöſen, wenn mehrere Beobachtungen desselben Tags zu reduciren sind, weil dann die Hülfsgröſsen m, m′ und Θ für alle diese Beobachtungen constant sind und dieselben bleiben, so daſs man in den beiden folgenden Systemen das erste für alle jene Sterne nur ein einziges Mal zu berechnen braucht.
Fig. 292. Ist nämlich E der unbewegliche Pol der Ekliptik, P der

mittlere, so wie P′ der scheinbare (oder durch die Nutation veränderte) Pol des Aequators und S der Stern, so sey der Bogen $PP' = \Theta$, der Winkel $EPP' = m$ und $EP'P = m'$. Dieses vorausgesetzt findet man diese Gröſsen Θ, m und m′ in dem Dreieck EPP′ durch folgende Gleichungen, wo $EP = e$ und $EP' = e'$ ist:

$$\text{Tang.}\frac{m+m'}{2} = \frac{\text{Cos.}\frac{1}{2}(e'-e)}{\text{Cos.}\frac{1}{2}(e'+e)}.\text{Cotg.}\tfrac{1}{2}\partial\lambda,$$

$$\text{Tang.}\frac{m-m'}{2} = \frac{\text{Sin.}\frac{1}{2}(e'-e)}{\text{Sin.}\frac{1}{2}(e'+e)}.\text{Cotg.}\tfrac{1}{2}\partial\lambda,$$

$$\text{Sin.}\,\Theta = \frac{\text{Sin.}\,e}{\text{Sin.}\,m'}\,\text{Sin.}\,\partial\lambda = \frac{\text{Sin.}\,e'}{\text{Sin.}\,m}\,\text{Sin.}\,\partial\lambda.$$

Dadurch kennt man also in dem Dreieck SPP′ die Gröſsen $PP' = \Theta$, $PS = p$ und $SPP' = m - (90^\circ + a)$, also findet man auch $PP'S = 90^\circ + a' + m'$ und $P'S = p'$ durch die folgenden Ausdrücke:

$$\text{Sin.}\,p'\,\text{Cos.}(a'+m') = -\text{Sin.}\,p\,\text{Cos.}(m-a),$$
$$\text{Sin.}\,p'\,\text{Sin.}(a'+m) = \text{Sin.}\,p\,\text{Cos.}\,\Theta\,\text{Sin.}(m-a) - \text{Sin.}\,\Theta\,\text{Cos.}\,p,$$
$$\text{Cos.}\,p' = \text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}\,\Theta\,\text{Sin.}(m-a) + \text{Cos.}\,\Theta\,\text{Cos.}\,p.$$

Nimmt man aber die dem Pole des Aequators zu nahen Sterne aus, so werden, da $\partial\lambda$ und ∂e nur klein sind, auch die Gröſsen a′ und p′ von den ursprünglichen a und p nur wenig verschieden seyn, daher es in den meisten Fällen statt der vorhergehenden strengen Auflösungen bequemer seyn wird, unmittelbar die Werthe von $a' - a = \partial a$ und $p' - p = \partial p$ durch die Differentialrechnung zu suchen. Zu diesem Zwecke hat man

$$a' - a = \left(\frac{\partial a}{\partial\lambda}\right)\partial\lambda + \left(\frac{\partial a}{\partial e}\right)\partial e$$

und

$$p' - p = \left(\frac{\partial p}{\partial\lambda}\right)\partial\lambda + \left(\frac{\partial p}{\partial e}\right)\partial e,$$

wo die in Klammern eingeschlossenen Gröſsen die partiellen Differentiale von a und p in Beziehung auf λ und e bezeichnen.

Es ist aber, wie man leicht sieht,

Digitized by Google

$$\left(\frac{\partial a}{\partial \lambda}\right) = \text{Cos.}\,e + \text{Sin.}\,e\,\text{Sin.}\,a\,\text{Cotg.}\,p,$$

$$\left(\frac{\partial a}{\partial e}\right) = -\,\text{Cos.}\,a\ \text{Cotg.}\,p,$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial \lambda}\right) = -\,\text{Sin.}\,e\ \text{Cos.}\,a,$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial e}\right) = -\,\text{Sin.}\,a,$$

so daſs man daher für die gesuchten vollständigen Werthe von ∂a und ∂p erhält

$$\partial a = (\text{Cos.}\,e + \text{Sin.}\,e\,\text{Sin.}\,a\,\text{Cotg.}\,p)\,.\,\partial\lambda - \text{Cos.}\,a\,\text{Cotg.}\,p\,.\,\partial e,$$
$$\partial p = -\,\text{Sin.}\,e\,\text{Cos.}\,a\,.\,\partial\lambda - \text{Sin.}\,a\,.\,\partial e.$$

Substituirt man in diesen beiden Gleichungen die im Anfange dieses Artikels gegebenen Werthe von $\partial\lambda$ und ∂e und läſst man, was für die Ausübung immer genügt, die Glieder unter 0″,5 weg, so erhält man, wenn man $e = 23^0\,27'\,55''$ für das Jahr 1800 nimmt, für die gesuchte Nutation in Rectascension und Poldistanz folgende Ausdrücke:

$$\begin{aligned} a' - a = &- 15'',4\ \text{Sin.}\,☊ \\ &- (6'',7\ \text{Sin.}\,☊\ \text{Sin.}\,a + 9'',0\,\text{Cos.}\,☊\ \text{Cos.}\,a)\,\text{Cotg.}\,p \\ &- 1'',2\ \text{Sin.}\,2\,☉ \\ &- (0'',5\,\text{Sin.}\,2\,☉\,\text{Sin.}\,a + 0'',6\ \text{Cos.}\,2\,☉\,\text{Cos.}\,a)\,\text{Cotg.}\,p, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p' - p = &+ 6'',7\,\text{Sin.}\,☊\ \text{Cos.}\,a - 9'',0\ \text{Cos.}\,☊\ \text{Sin.}\,a \\ &+ 0'',5\ \text{Sin.}\,2\,☉\,\text{Cos.}\,a - 0'',6\ \text{Cos.}\,2\,☉\,\text{Sin.}\,a, \end{aligned}$$

und diese Werthe wird man mit ihren Zeichen zu der mittlern Rectascension a und Poldistanz p der Sterne setzen, um die scheinbaren Gröſsen a′ und p′ zu erhalten. Will man aber von den scheinbaren Gröſsen a′ und p′ zu den mittlern übergehn, so wird man in den beiden letzten Gleichungen rechts von dem Gleichheitszeichen die Zeichen aller Glieder in ihre entgegengesetzten verwandeln.

K. Vollständige Reduction der beobachteten Gestirne auf ihren mittlern Ort.

Wir haben in dem gegenwärtigen Artikel die Reductionen gegeben, durch welche man die beobachteten oder scheinbaren Oerter der Gestirne auf ihren mittleren Ort zurückführen kann, sofern der Unterschied zwischen beiden Oertern von der *Präcession* und von der *Nutation* abhängt. In dem Artikel *Abirrung des Lichts* ist auch bereits die von der *Aberration* der Lichtstrahlen abhängige Reduction gegeben worden. Nimmt man alle drei Ausdrücke zusammen, so erhält man für die vollständige Reduction des mittlern Orts a und p der Gestirne auf ihre scheinbaren Oerter a′ und p′ folgende Formeln, die in der praktischen Astronomie von beinahe immer wiederkommendem Gebrauche sind:

$$
\begin{aligned}
a' - a = & \; (46'',054 + 20'',056 \,\text{Sin. a Cotg. p}) . t \\
& - 20'',25 \frac{\text{Cos. e Cos. a}}{\text{Sin. p}} \text{Cos.} \odot \\
& - 20'',25 \frac{\text{Sin. a Sin.} \odot}{\text{Sin. p}} \\
& - 0'',60 \,\text{Cos. a Cotg. p Cos. } 2 \odot \\
& - (1'',22 + 0'',53 \,\text{Cotg. p Sin. a}) \,\text{Sin. } 2 \odot \\
& - (15'',39 + 6'',68 \,\text{Cotg. p Sin. a}) \,\text{Sin.} ☊ \\
& - 8'',98 \,\text{Cotg. p Cos. a Cos.} ☊ ,
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
p' - p = & - (20'',0562 \,\text{Cos. a}) \; t \\
& + 20'',25 \,\text{Cos. p Cos. a Sin.} \odot \\
& + 20'',25 \,(\text{Tang. e Sin. p} - \text{Cos. p Sin. a}) \,\text{Cos. e Cos.} \odot \\
& + 0'',53 \,\text{Cos. a Sin. } 2 \odot \\
& - 0'',58 \,\text{Sin. a Cos. } 2 \odot \\
& + 6'',68 \,\text{Cos. a Sin.} ☊ \\
& - 8'',98 \,\text{Sin. a Cos.} ☊ .
\end{aligned}
$$

In diesen Ausdrücken bezeichnen a und p die Rectascension und die Distanz des Gestirns von dem Nordpol des Aequators, ⊙ die Länge der Sonne, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn und t endlich die seit dem Jahre 1835 verflossenen Jahre; für eine Zeit vor 1835 ist t negativ. Endlich enthält in diesen beiden Ausdrücken für a′ — a und p′ — p das erste Glied die *Präcession*, das zweite und dritte die *Aberration* und die vier letzten die *Nutation*.

Digitized by Google

L. Beſtimmung der Mondmaſse und der Abplattung der Erde aus den gefundenen Werthen der Nutation und Präceſsion.

Wenn man von den in (B) erhaltenen Gliedern der Nutation bloſs die von dem Mondknoten ☊ beibehält, welche auch bei weitem gröſser sind, als alle übrigen, so kann man die Nutation der Länge $\partial\lambda = 16'',783$ Sin. ☊ als die *bloſse* Wirkung des Monds anſehn, während die jährliche Präceſsion $\psi = 50'',3757$ die Folge der vereinigten Wirkungen der Sonne und des Mondes ist. Da sich aber jede störende Kraft wie die Maſse des störenden Körpers durch das Quadrat seiner Entfernung dividirt verhält, so sieht man, daſs die beobachteten Gröſsen der Präceſsion und Nutation das Verhältniſs der Maſse des Monds zu jener der Sonne geben müſsen. Auf diese Weise fand man, daſs die Maſse des Monds nahe 0,0000000427 der Maſse der Sonne seyn muſs. Da aber, wenn man die Maſse der Erde als Einheit annimmt, die Sonnenmaſse gleich 337100 ist, so ist auch die Maſse des Monds nahe $\frac{1}{70}$ von jener der Erde, ein Resultat, das mit demjenigen genau genug übereinstimmt, welches man durch Rechnung aus den Phänomenen der Ebbe und Fluth des Meeres gefunden hat.

Ebenso wird sich aus der beobachteten Gröſse der Präceſsion, da sie eine Folge der Abplattung der Erde ist, wieder rückwärts auf die Gröſse dieser Abplattung schlieſsen laſsen. Man fand so, daſs die Abplattung der Erde, wenn die beobachtete Präceſsion mit der durch die bloſse Rechnung erhaltenen übereinstimmen soll, nicht gröſser als $\frac{1}{218}$ seyn kann, was wieder nahe genug mit den Resultaten übereinstimmt, die man für diese Abplattung aus den Beobachtungen des Secundenpendels an verschiedenen Orten der Erde und aus unmittelbaren Meridianmeſsungen auf der Oberfläche unserer Erde gefunden hat.

M. Veränderung der Schiefe der Ekliptik.

Es ist bereits oben bemerkt worden, daſs man in der Lehre von der Präceſsion die Schiefe der Ekliptik im Allgemeinen als constant vorausſetzt. Die Einwirkung der Sonne

Digitized by Google

und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete Erde macht nämlich die Ebene des Aequators auf der als ruhend angenommenen Ebene der Ekliptik rückwärts gehn, ohne daſs dabei der Winkel dieser zwei Ebenen durch jene Einwirkung unmittelbar geändert wird. Wenn also die Sonne und der Mond allein auf die an ihren Polen abgeplattete und um ihre Axe sich bewegende Erde wirkten, so würde die *mittlere* (d. h. die von der periodisch wiederkehrenden, unter I betrachteten Nutation unabhängige) Neigung der Ekliptik gegen den Aequator beständig seyn. Allein die anderen Körper unseres Sonnensystems, deren Einfluſs auf die Gestalt der Erde, wegen ihrer zu groſsen Entfernung, zwar verschwindet, haben doch noch eine sehr merkliche Wirkung auf die *Lage der Erdbahn*, indem sie die Ebene der Ekliptik (die wir in der Lehre von der Präcession im Allgemeinen als unbeweglich angenommen haben) der Ebene des Aequators immer mehr zu nähern suchen. Mit andern Worten: die Anziehung der Planeten auf die Erde im Allgemeinen (ohne Beziehung auf die abgeplattete Kugelgestalt derselben) setzt die Ebene der Ekliptik gegen die des Aequators in eine Bewegung, nach welcher die Ekliptik dem Aequator sich immer mehr zu nähern sucht, und in dieser Näherung besteht die sogenannte *Abnahme der Schiefe der Ekliptik.*

Aelteste Beobachtungen der Schiefe der Ekliptik.

Diese *Schiefe* der Ekliptik (das heiſst, den Winkel, welchen die Ekliptik mit dem Aequator bildet und der jetzt nahe $23\frac{1}{2}$ Grad beträgt) hat man ohne Zweifel schon in den frühesten Zeiten bemerkt, obschon die Entdeckung der (sehr langsamen) Abnahme dieser Schiefe erst dem vorhergehenden Jahrhundert angehört. Die älteste Beobachtung dieser Art und überhaupt die älteste aller auf uns gekommenen astronomischen Beobachtungen ist die oben erwähnte, im Jahre 1100 vor Chr. G. in China an einem Gnomon angestellte Solstitialbeobachtung, aus welcher man die Schiefe der Ekliptik für jene Zeit gleich 23° 54′ 3″ abgeleitet hat. Die zweite, ebenfalls sehr alte Beobachtung dieser Art ist die des Griechen Pytheas in Marseille. Der König Tschu-Kong lebte zur Zeit des

Codrus in Athen oder des David in Judäa. Pytheas aber beobachtete im J. 350 vor Chr. G., welches Jahr in die Mitte der beiden im Alterthume berühmten Schlachten von Mantinea und Chaeronea fiel. Er hatte von der damaligen Republik Marseille (dem alten Massilia) den Auftrag erhalten, die nördlichen Gegenden Europa's zu untersuchen, auf welcher Reise er bis zu der Insel *Thule* (wahrscheinlich unser Island) vordrang. Zwar haben Strabo und Polybius diese Reise in Zweifel gezogen, aber die Gründe, welche sie gegen dieselbe angeben, sind von Gassendi[1] und Bougainville[2] hinlänglich widerlegt worden. Berühmter noch ist Pytheas durch seine Solstitialbeobachtung der Sonne, aus welcher er für das Jahr 350 v. Chr. die Schiefe der Ekliptik gleich 23° 49′ 20″, also 2′ 40″ kleiner, als die chinesischen Beobachter, gefunden hat. Eratosthenes aber, ein äuſserst vielseitig gebildeter Mann, der Leibnitz seiner Zeit, beobachtete um d. J. 280 vor Chr. diese Schiefe der Ekliptik zu 23° 51′ 13″, wie es scheint, nicht eben sehr genau; auch hat Riccioli in seiner *Geographia reformata* viel daran zu ändern gefunden, aber ohne hinlängliche Gründe, da uns die näheren Umstände dieser Beobachtung nicht erhalten sind.

Die Araber, welche die Astronomie überhaupt sehr cultivirten, verwendeten eine besondere Sorgfalt auf die Bestimmung der Ekliptik, zu welcher ihnen ihre groſsen Instrumente vorzügliche Dienste leisteten. Der Chalif Almamon im 9ten Jahrhundert lieſs diese Beobachtung von einer ganzen Gesellschaft von Astronomen einmal in Bagdad machen, wo man 23° 33′ fand, und das zweite Mal in Damas, wo diese Schiefe gleich 23° 33′ 52″ gefunden wurde. Nahe 150 Jahre später wurde dieselbe Beobachtung von mehreren Astronomen in Bagdad wiederholt, wo die mittägigen Höhen des Sommer- und Wintersolstitiums 80° 15′ und 28° 5′, also die Schiefe 23° 35′ gefunden wurde. Eine andere Beobachtung der Schiefe wurde in derselben Stadt im J. 988 von acht Astronomen zugleich unter der Regierung des Chalifen Scharfodaula, eines vorzüglichen Beschützers der Sternkunde, gemacht. In den neueren Zeiten ist unter diesen Beobachtungen der Araber vor-

1 Dessen Opera. T. IV.
2 Mém. des Inscript. T. XX.

Digitized by Google

züglich die des Ibn-Junis bekannt geworden, der gegen das Jahr 1000 unter dem Chalifen Aziz-Ben-Hakim in Aegypten lebte und dessen astronomische Manuscripte im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts in der Bibliothek zu Leyden aufgefunden und von Cousin und Sedillot übersetzt wurden. Er fand aus seinen Beobachtungen die Schiefe der Ekliptik gleich 23° 34′ 26″.

Im 13ten Jahrhundert erwachte auch in China, unter Dschengis-Chan und seinen ersten Nachfolgern, wieder die alte Liebe zur Astronomie, die unter den vorhergehenden Unruhen ganz in Verfall gerathen war. Kobilai, der fünfte Nachfolger Dschengis-Chan's, hatte den Chinesen Cochu-King zum Präsidenten des mathematischen Collegiums in Peking gemacht, einen der thätigsten und talentvollsten Astronomen, dessen jenes Volk sich rühmen kann. Nebst mehrern sehr verdienstvollen Unternehmungen, durch welche er der Restaurator der chinesischen Astronomie geworden ist, beobachtete er auch mit einem Gnomon von 40 Fuſs mehrere Jahre die Schiefe der Ekliptik und fand sie im Jahre 1280 gleich 23° 32′ 2″. Nach ihm verfiel die Wissenschaft in diesem Lande immer mehr, wahrscheinlich aus demselben Grunde, aus welchem man ihr frühes Aufblühen daselbst herleiten muſs, weil sie *Staatsangelegenheit* war, wodurch ihre Entwickelung in den ersten Zeiten wohl sehr befördert, aber auch in den spätern nicht weniger gehindert wurde, indem die Astronomen ohne Erlaubniſs der Regierung an ihren Theorieen bei Todesstrafe nichts ändern durften. Nicht anders konnte, im Anfange des 17ten Jahrhunderts, dem gänzlichen Untergange der Astronomie in China begegnet werden, als durch die Herbeiziehung der Europäer, besonders der Jesuiten, die sich bald groſses Ansehn daselbst erwarben, aber auch, ihre günstige Stellung zu andern Zwecken miſsbrauchend, wieder entfernt wurden.

Von den Indiern und Chaldäern, die doch die Astronomie schon in den ältesten Zeiten cultivirt haben, sind uns keine Beobachtungen der Schiefe der Ekliptik erhalten worden. Wir freuen uns mit Recht, daſs so viele Schriften der alten Griechen und Römer noch auf uns gekommen sind, der vielen finsteren Jahrhunderte ungeachtet, die zwischen uns und

ihnen liegen. Aber wie viel mehr mag noch verloren gegangen seyn, was wir jetzt nicht einmal mehr vermissen können. SIMPLICIUS erzählt nach PORPHYRIUS, daſs KALLISTHENES, der ALEXANDER DEN GROSSEN auf seinen Feldzügen als Sammler wissenschaftlicher Merkwürdigkeiten begleitete, bloſs aus der Stadt Babylon eine Reihe von 1900jährigen, daselbst angestellten astronomischen Beobachtungen nach Griechenland zurückgebracht habe. Von allen diesen ist auch keine Spur mehr übrig, so wenig, als von den unzählbaren Schätzen, welche die Bibliothek zu Alexandrien aufbewahrte und mit denen der beschränkte und eifernde Chalif mehrere Monate lang die Bäder dieser Stadt geheizt haben soll. Ebenso wenig hat sich auch von den Beobachtungen der alten Aegyptier erhalten, obschon die berühmte Alexandrinische Schule in der Hauptstadt des Landes ihren Sitz aufgeschlagen hatte. Ja diese alten Beobachtungen der Aegyptier scheinen selbst für die Mitglieder der Alexandrinischen Schule (die im J. 250 vor Chr. G. von PTOLEMÄUS PHILADELPHUS gestiftet wurde) bereits verloren gewesen zu seyn, da der Astronom PTOLEMÄUS (um 130 nach Chr. G.) in seinem *Almagest*, so oft er ältere Beobachtungen gebraucht, nur die der Chaldäer citirt, ohne auch nur eine ägyptische zu erwähnen[1].

Im 13ten Jahrhunderte versammelte HOLAKU ILEKHAN, der Neffe DSCHENGIS-CHAN's, die berühmtesten Astronomen seiner Zeit in seiner Hauptstadt Maragha, wo er mit ungemeinem Aufwande unter NASIREDDIN's Anleitung im J. 1261

1 Ueberhaupt sind die ältesten astronomischen Beobachtungen, die noch auf uns gekommen sind, die bereits oben erwähnte chinesische Gnomon-Beobachtung von TSCHU-KONG im J. 1100 vor Chr. und zwei Mondfinsternisse, welche die Chaldäer zu Babylon in den Jahren 719 und 720 vor Chr. beobachteten und deren Andenken uns PTOLEMÄUS erhalten hat. Die älteste, bloſs geschichtliche Nachricht von astronomischen Beobachtungen ist die von der Sonnenfinsterniſs des Jahres 2155 vor Chr. G. unter der Regierung des TSCHON-KAN. Die beiden Hofastronomen Hi und Ho, so erzählen die chinesischen Bücher, sagten diese Finsterniſs unrichtig voraus und wurden deshalb nach einem schon damals sehr alten Reichsgrundgesetze mit dem Tode bestraft. Man hat mit unsern neuen Planetentafeln diese Beobachtung nachgerechnet und gefunden, daſs in der That in jenem Jahre 2155 v. Chr. zur Herbstzeit eine in China sichtbare Sonnenfinsterniſs statt gefunden hat.

Digitized by Google

eine groſse Sternwarte errichtete und sie mit den kostbarsten Instrumenten ausrüstete. Aber der erste Beschützer und selbst Kenner der Astronomie unter den Beherrschern desselben Volkes war Ulugh Beigh, ein Neffe Timur-Lengh's (oder Tamerlan's). Von dem Wunsche beseelt, der Nachwelt seinen Namen als den eines groſsen Fürsten und eines Freundes der Wissenschaften zu übergeben, erbaute er, im Anfange des 15ten Jahrhunderts, in Samarkand eine Sternwarte mit wahrhaft königlicher Freigebigkeit[1], auf welcher er selbst den Himmel mit einem, Personen seiner Art seltenen Eifer zu beobachten pflegte. Die Früchte seiner und seiner Gehülfen Arbeiten waren ein Sternkatalog, den wir noch besitzen und der alle früheren an Vollkommenheit übertraf, und neue Planetentafeln, die im J. 1449 vollendet waren und die noch zu Tycho's (gest. 1601) Zeiten als die besten der bisher gegebenen anerkannt wurden. Auch die Schiefe der Ekliptik wurde von ihm mit einer besondern Sorgfalt gemessen. Der Quadrant, welchen er sich zu dieser Absicht verfertigen lieſs, soll, nach Gravius unwahrscheinlicher Erzählung, von einer ungeheuern Gröſse gewesen seyn, indem der Halbmesser desselben gleich der Höhe des Domes der Sophienkirche in Constantinopel über dem äuſsern Fuſsboden war. Mit diesem Instrumente fand er im J. 1437 die Schiefe der Ekliptik gleich 23° 31′ 48″.

Neuere Beobachtungen der Schiefe der Ekliptik.

Schon zur Zeit der Wiedererweckung der Wissenschaften in Europa, im 15ten Jahrhundert, erkannten die ersten Astronomen dieser Zeit, Purbach, Regiomontan, Walther u. A., die Wichtigkeit jenes Elements der praktischen Sternkunde und suchten dasselbe mit ihren noch unvollkommenen Instrumenten so genau, als sie eben konnten, zu bestimmen. Bernhard Walther in Nürnberg fand diese Schiefe 23° 29′ 47″

1 Diese Liebe zur Unterstützung der Sternkunde hat sich bei den Beherrschern jenes Volkes noch bis auf unsere Zeiten erhalten. Chardin erzählt, daſs der Vorsteher der Hofsternwarte des Königs von Persien jährlich 100000 Francs erhalte und daſs die jährliche Besoldung aller Astronomen dieser Sternwarte zusammen über eine Million Francs betrage.

für das Jahr 1490; Tycho Brahe 23° 29′ 30″ für 1587; Hevelke in Danzig 23° 29′ 0″ für 1660; der ältere Cassini 23° 28′ 54″ für 1672 und Flamstead 23° 28′ 48″ für 1689. Im 18ten Jahrhunderte fand Bianchini diese Schiefe gleich 23° 28′ 35″ für das Jahr 1703; Olaus Römer 23° 28′ 47″ für 1709; Bradley und mit ihm übereinstimmend Lacaille 23° 28′ 19″ für 1750 und Maskelyne in Greenwich mit ganz vorzüglichen Instrumenten 23° 28′ 8″ für das Jahr 1769. In unsern Tagen endlich fand man im Mittel aus ebenso zahlreichen als guten Beobachtungen die Schiefe der Ekliptik gleich 23° 27′ 39″,29 für das Jahr 1830.

Abnahme der Schiefe der Ekliptik.

Wenn man diese verschiedenen Angaben der Astronomen, von der ersten chinesischen des Jahrs 1100 vor Chr. G. bis auf unsere Tage, unter einander vergleicht, so bemerkt man bald, daſs diese Schiefe der Ekliptik seit beinahe *3000* Jahren in einer immer fortschreitenden Abnahme begriffen ist. Wenn sie im J. 1100 vor Chr. in der That gleich 23° 52′ 0″ gewesen ist, so beträgt ihre Abnahme, da sie im Jahre 1830 nach Chr. G. 23° 27′ 39″ war, in jedem Jahre 0″,5, also in jedem Jahrhunderte nahe 50 Secunden. Zwar findet man, wenn man die einzelnen oben angeführten Angaben für verschiedene Zeiten unter einander vergleicht, für diese säculare Abnahme auch wohl verschiedene Werthe, was seine Ursache in der Unvollkommenheit der älteren Beobachtungen haben mag, aber eine constante Abnahme dieses Winkels ist dessenungeachtet nicht zu verkennen. Es ist sonderbar, daſs die Astronomen auf diese Abnahme erst in der Mitte des vorhergehenden Jahrhunderts aufmerksam geworden sind. Hipparch, Ptolemäus und alle ihre Nachfolger waren der Meinung, daſs die Ekliptik eine feste, am Himmel unveränderliche Lage habe. Tycho bemerkte zuerst, daſs die *Breite*[1] der Sterne mit der Zeit sich ändere, aber er war dieser Aenderung nicht gewiſs genug, um darauf einen Schluſs auf die Beweglichkeit der Ekliptik zu gründen. Erst hundert und funfzig Jahre nach ihm fiel den Astronomen die viel gröſsere Schiefe, welche ihre frühen Vorgänger gefunden hatten, dergestalt auf, daſs

1 Vergl. *Breite*. Bd. I. S. 1204.

Digitized by Google

nun diese Aenderung derselben förmlich in Frage gestellt wurde. Der groſse L. Euler[1] war es, der auch hier, wie in so vielen andern Zweigen der Wissenschaft, zuerst die Bahn brach, indem er zu zeigen suchte, daſs diese Abnahme der Schiefe den Gesetzen der Mechanik völlig gemäſs sey. Dessenungeachtet zweifelte man noch längere Zeit an der Existenz dieser Abnahme und es gab mehr als einen Astronomen, der die oben angeführten Beobachtungen der Alten so lange drehte und verdrehte, bis sie endlich seiner vorgefaſsten Meinung, daſs diese Schiefe unveränderlich sey, genug zu thun schienen. Da die meisten Beobachtungen jener von uns so sehr entfernten Zeiten uns nicht mit den nöthigen Belegen und überhaupt nur unvollständig mitgetheilt worden sind, so sind sie sehr geeignet, aus sich Alles machen zu lassen, was man eben will, um sie der einen Hypothese sowohl, als auch der entgegengesetzten oft mit gleichgewichtigen Scheingründen anzupassen, wie in der Geschichte der Astronomie durch mehr als eine Thatsache gezeigt werden kann. Erst als Lagrange[2] diese Abnahme durch die Kraft der Analyse über allen Zweifel erhoben hatte, fand sie allgemeinen Eingang, und man beschäftigte sich nun damit, die eigentliche Gröſse dieser Abnahme zu erforschen. Allein diese Gröſse wurde verschieden gefunden, je nachdem man zwei verschiedene Beobachtungen zusammenstellte. Vergleicht man z. B. die älteste Beobachtung der Chinesen vom Jahre 1100 vor unserer Zeitrechnung mit der neuesten von 1830, so findet man für die Abnahme der Schiefe in 100 Jahren 50″; die Beobachtung des Pytheas aber gab, mit der von 1830 verglichen, für diese säculare Abnahme 59″ und die des Tycho 45″. Offenbar sind die älteren Beobachtungen nicht genau genug, um diese Gröſse mit Sicherheit zu bestimmen.

Bestimmung der Abnahme durch die Theorie.

Es blieb daher nichts übrig, als den eigentlichen Werth dieser Abnahme der Schiefe der Ekliptik durch die Theorie

1 Mém. de Berlin. T. X. v. J. 1754.

2 Mém. de l'Acad. de Paris. 1774. Mém. de l'Acad. de Berlin. 1782.

Digitized by Google

oder auf dem Wege der Analyse zu bestimmen. Allein auch diese Bestimmung hat ihre besondern Schwierigkeiten, die nicht sowohl in der analytischen Entwickelung der hierher gehörenden Ausdrücke, als vielmehr in den numerischen Substitutionen dieser algebraischen Ausdrücke liegen.

Wenn bloſs die Sonne und der Mond auf die Erde wirkten und wenn überdieſs diese Erde die Gestalt einer vollkommenen Kugel hätte, so würde die Schiefe der Ekliptik im Allgemeinen immer dieselbe bleiben. Allein die übrigen Körper unsers Sonnensystems, die Planeten, haben auch noch eine merkliche Wirkung auf die Erde, und zwar nicht bloſs auf den Ort der Erde in ihrer Bahn, sondern auch auf die Gestalt und Lage dieser Bahn selbst. Vermöge dieser letztern Wirkung der Planeten wird die Ebene der Erdbahn oder die Ekliptik dem hier als fest betrachteten Aequator immer mehr genähert und zugleich rückt, durch dieselbe Wirkung der Planeten, der Durchschnittspunct der Ekliptik mit dem Aequator oder der Nachtgleichenpunct auf der *festen* Ekliptik in der Ordnung der Zeichen, oder von West gen Ost immer etwas vor. Wie viel von diesen beiden Verrückungen der Ekliptik jeder einzelne Planet bewirkt, ist eben der Gegenstand des Problems, von dem hier die Rede ist[1]. Hier wird es genügen nur das Folgende mitzutheilen.

Nennt man n die Neigung der Bahn des die Erde störenden Planeten, z. B. Mercurs, gegen die Erdbahn und k die Länge des aufsteigenden Knotens der Mercursbahn auf der Ekliptik, so wie e die Schiefe der Ekliptik, so hat man, wenn de die Verminderung der Schiefe und da die Verrückung des Frühlingspunctes, die durch diesen Planeten bewirkt wird, bezeichnet,

$$de = m \,\mathrm{Sin.}\, n \,\mathrm{Sin.}\, k \text{ und } da = m \,\mathrm{Sin.}\, n \,\mathrm{Cos.}\, k \,\mathrm{Cotg.}\, e.$$

In diesen beiden Ausdrücken ist die Gröſse m ein Factor, dessen Werth vorzüglich von der *Masse* des störenden Planeten abhängt, und diese Masse muſs daher genau bekannt seyn, wenn man die Gröſsen de und da mit Schärfe angeben soll. Was die übrigen Gröſsen n, k und e betrifft, so sind diese

1 Die Auflösung desselben findet man in LITTROW's Astronomie. Wien 1827. Th. III. S. 325. 482.

Digitized by Google

bereits so gut bekannt, als man zu unserm Zwecke nur immer wünschen kann. Nicht so aber verhält es sich mit der Masse der Planeten, die sehr schwer zu bestimmen ist. Unsere Nachfolger werden, nach Verlauf von mehreren Jahrhunderten, diese Massen sehr gut bestimmen können, wenn sie unsere guten Beobachtungen mit ihren eigenen vergleichen. Allein wir müssen, in Beziehung auf unsere Vorgänger, auf diesen Vortheil Verzicht thun, da selbst die vor 80 oder 100 Jahren angestellten Beobachtungen viel zu unvollkommen und die noch frühern zu unserm Zwecke gar nicht zu gebrauchen sind. Alle Störungen[1] nämlich, die irgend ein Planet in der Bahn eines andern hervorbringt, oder alle säcularen Störungen sind der Art, daſs ihr analytischer Ausdruck, wie die beiden vorhergehenden, einen Factor m enthält, der auf irgend eine Weise von der Masse des störenden Planeten abhängt, daher auch alle diese säcularen Störungen so lange nicht genau berechnet werden können, als man diese Massen selbst nicht genau kennt. Wenn aber, nach einer Reihe von mehreren Jahrhunderten, die dann statt habende Gestalt und Lage der Planetenbahnen mit denjenigen verglichen werden können, welche wir gegenwärtig, in unsern Tagen, so genau beobachten und in unsern Schriften der Nachwelt überliefern, so wird man die Wirkung dieser Störungen am Himmel selbst sehn und sie gleichsam daselbst lesen können. Es ist aber für sich klar, daſs dieses von unsern Nachkommen desto genauer geschehn wird, je genauer erstens ihre und unsere Beobachtungen sind und je weiter zweitens die Epochen dieser zwei Beobachtungen in der Zeit von einander entfernt sind. Denn viele dieser Störungen sind der Art, daſs sie Jahrtausende durch immer in derselben Richtung anwachsen und endlich sehr beträchtlich werden und mehrere Grade übersteigen können. Dann werden aber jene analytischen Ausdrücke selbst sehr gute Mittel darbieten, um aus ihnen den wahren Werth des Factors m und dadurch auch die wahre Gröſse der Masse des störenden Planeten zu bestimmen.

Nach den neuesten Bestimmungen nehmen wir die Masse Mercurs gleich dem 2025800sten Theile der Masse der Sonne an, woraus $m = \frac{1}{10}$ folgt. Ferner beträgt die Neigung der

---

1 Vergl. *Perturbationen*. Bd. VII. S. 440.

Mercursbahn gegen die Ekliptik $n = 7^\circ\ 1'$ und die Länge seines aufsteigenden Knotens ist für das Jahr 1800 gleich $k = 45^\circ\ 58'$. Substituirt man diese Werthe statt m, n und k in den beiden vorhergehenden Gleichungen und setzt überdieſs die Schiefe der Ekliptik $e = 23^\circ\ 28'$, so erhält man für die Wirkung Mercurs auf die Lage der Erdbahn

$$\partial e = 0'',0088 \text{ und } \partial a = 0'',0195,$$

oder durch die Attraction Mercurs wird die Schiefe der Ekliptik jährlich um 0″,0088 vermindert und der Frühlingspunct auf dem festen Aequator um 0″,0195 gegen Ost bewegt. Sucht man dieselben Aenderungen der Ekliptik auch für alle andere Planeten, so erhält man

für Mercur	$\partial e =$	0″,0088	$\partial a =$	0″,0195
- Venus	....	0,3233	.....	0,2013
- Mars	.....	0,0073	.....	0,0152
- Jupiter	....	0,1576	.....	— 0,0538
- Saturn	....	0,0131	.....	— 0,0121
Summe	$\partial e =$	0″,5101,	$\partial a =$	0″,1701.

Uranus hat wegen seiner zu groſsen Entfernung und die vier neuen Planeten wegen ihrer zu geringen Masse keinen merklichen Einfluſs auf diese Bewegungen der Erdbahn.

Man sieht hieraus, daſs durch die Wirkung der Planeten auf die Erde die Bahn derselben sich in einem Jahrhundert um nahe 51″,01 dem hier als fest vorausgesetzten Aequator nähert und daſs der Frühlingspunct auf diesem Aequator in derselben Zeit um 17″,01 gen Ost vorschreitet. Die drei erstgenannten Planeten bewirken eine östliche, die zwei letzten aber eine westliche Bewegung des Frühlingspuncts. Da aber jene drei Bewegungen zusammen gröſser sind, als die Summe der zwei letzten, so ist die Richtung dieser Bewegung im Ganzen gen Ost oder nach der Ordnung der Zeichen. Diese Wirkungen der Planeten auf die Ekliptik hängen, wie die angeführten Formeln zeigen, von den Neigungen n und den Knotenlängen k der Planetenbahnen gegen die Ekliptik ab. Allein diese Neigungen und Knoten sind, wie aus der Lehre von den *Perturbationen* bekannt ist, beständigen Aenderungen unterworfen, und sie werden daher in der Folge der Zeiten ganz andere Werthe haben, als in unsern Tagen, so daſs einmal die Summe der Werthe von ∂e sowohl, als auch von

Digitized by Google

∂a, die jetzt positiv ist, negativ werden wird, wo dann die Schiefe der Ekliptik nicht mehr, wie gegenwärtig, *abnehmen*, sondern vielmehr *wachsen* und wo der Frühlingspunct, der jetzt eine östliche Bewegung hat, nach Westen gehn wird.

Veränderlichkeit und Grenzen dieser Abnahme der Schiefe.

Man sieht schon daraus, daſs der Werth von ∂a, so wie der von ∂e, um welchen letztern es sich hier eigentlich handelt, veränderlich und in jedem Jahrhundert ein anderer ist, daſs also auch die vorhergehenden Formeln nur abgekürzt sind und bloſs für den Zeitraum von zwei oder drei Jahrhunderten mit einiger Sicherheit angewendet werden können. In der That findet man auch, wenn man diesen Gegenstand genauer entwickelt, für diese beiden Gröſsen ∂a und ∂e nicht, wie zuvor, constante, sondern vielmehr solche Ausdrücke, die von den Sinus und Cosinus von Winkeln abhängen, welche letztern mit der Zeit gleichförmig fortgehn, so daſs also die wahren Werthe dieser Gröſsen periodischen Abwechslungen unterworfen sind und bald positiv, bald negativ seyn können. Man findet diese genaueren Werthe in dem oben angeführten Werke so, wie sie zuerst von Laplace[1] entwickelt worden sind. Laplace beschäftigte sich mit diesem wichtigen Gegenstande schon in dem vorletzten Jahrzehnt des verflossenen Jahrhunderts und fand bereits früher[2] den genaueren Ausdruck der Schiefe der Ekliptik in jeder gegebenen Zeit

$$e = 23^{0}\,28'\,43'' - 1865'',12\ \text{Sin.}^2\,(8'',8843\,T)$$
$$- 3140'',34\ \text{Sin.}\,(32'',8412\,T) \quad \ldots \quad (A)$$

wo T die Anzahl der Jahre nach 1700 bezeichnet. Für ein Jahr vor dieser Epoche ist T negativ. Sucht man z. B. die Schiefe der Ekliptik, wie sie im J. 300 vor Chr. G. zur Zeit des Euklides oder der Gründung der Alexandrinischen Schule statt hatte, so ist T = — 2000 und daher

$$8'',8843\,T = 4^{0}\,56'\,8'',$$
$$32'',8412\,T = 18^{0}\,14'\,42'',$$

1 Mécan. céleste. T. III. p. 158.

2 Mém. de l'Acad. de Paris. 1778.

so daſs man daher für die Schiefe der Ekliptik zu jener Zeit

$$23^0\ 44'\ 52'',37$$

erhält. Für die Epoche 1700 ist sie, nach derselben Gleichung,

$$23^0\ 28'\ 43''.$$

Wollte man also die Abnahme der Schiefe während dieser Periode von 2000 Jahren als gleichförmig betrachten, so würde man die Differenz dieser beiden Schiefen oder die Zahl $0^0\ 16'\ 9'',37$ durch 2000 dividiren und somit für die jährliche Abnahme derselben $0'',485$ erhalten. Daraus würde dann folgen, daſs in 174300 Jahren, von unserer Zeit an gerechnet, die Schiefe der Ekliptik ganz verschwinden, daſs dann die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfallen und ein immerwährender Frühling auf der Erde herrschen würde [1]. Allein diese Folgerung kann nicht angenommen werden, da, wie gesagt, der letzte Ausdruck für die Schiefe nie gleich Null werden kann, sondern da vielmehr die Ekliptik sich nur bis auf eine bestimmte Grenze dem Aequator nähern darf, um sich dann wieder, bis zu einer zweiten Grenze, von ihm zu entfernen. Der Winkel, in welchem sich die Ekliptik, gleich einem Pendel, auf und ab bewegt, beträgt nicht über sechs Grade und die Zeit, welche sie bedarf, um von einer Grenze zur andern zu kommen, enthält viele Jahrtausende. Da uns, wie bereits oben erinnert worden ist, die Massen der Planeten noch nicht mit derjenigen Schärfe bekannt sind, die zu der Berechnung dieser Grenzen nöthig ist, so lassen sie sich auch jetzt noch nicht mit Verläſslichkeit angeben. Indeſs hat Lagrange den Versuch gemacht, mit unserer Kenntniſs der Planetenmassen jene Rechnung vorzunehmen, für die er folgende Resultate gefunden hat.

Im Jahre 29400 vor Chr. G. war diese Schiefe in ihrem Maximum und gleich $27^0\ 31'$. Seit jener Epoche nahm sie

---

1 Von dieser erfreulichen Zukunft hat schon Plutarch Placit. Philos. II. gesprochen. Noch mehr weiſs uns der Schwärmer Whiston in s. Theorie de la terre und Pluche im Spectacle de la nature davon zu erzählen, hinter welchen unsere neuesten Schwärmer, die Naturphilosophen, nicht zurückbleiben wollten, indem sie sogar die Unvollkommenheit aller menschlichen Erkenntnisse aus dieser Schiefe der Ekliptik ableiten und die Berichtigung jener mit der Verschwindung dieser zusammenstellen wollten.

Digitized by Google

durch 15000 Jahre ab und erreichte daher im J. 14400 vor Chr. ihr Minimum von 21° 20′. Von da wuchs sie wieder durch 12400 Jahre und kam im J. 2000 vor Chr. in ihr Maximum, das damals nur 23° 53′ betrug. Seit dieser Zeit ist sie in immerwährender Abnahme begriffen durch eine Reihe von 8600 Jahren, so daſs sie im J. 6600 nach Chr. ihr Minimum von 22° 54′ erreichen und dann neuerdings durch volle 12700 Jahre wachsen wird, bis sie im J. 19300 nach Chr. ihr Maximum von 25° 21′ erreicht.

Da von der Schiefe der Ekliptik unsere Jahreszeiten abhängen, so gab es wohl Zeiten, und sie werden wieder kommen, wo die Temperatur unserer Sommer gröſser war und unsere Tage länger, unsere Nächte kürzer waren, aber der Unterschied wird, da die gröſste Differenz der Schiefe nur sechs Grade beträgt, nie sehr merklich seyn und nach einer groſsen Reihe von Jahrhunderten werden die Jahreszeiten sich ebenso regelmäſsig folgen, als wir dieses in unsern Tagen bemerken. Jener ewige Frühling aber, den sich Mehrere von jener Abnahme der Schiefe der Ekliptik versprochen haben, muſs in das Gebiet der Träume versetzt werden, da wir ihn auf Erden wohl ebenso wenig, als den ewigen Frieden mit gutem Grunde erwarten dürfen.

Bemerken wir noch, daſs es, der bereits erwähnten Unsicherheit der Massen wegen, besser ist, einstweilen diese Abnahme der Schiefe nicht sowohl aus der Theorie, als vielmehr aus den unmittelbaren Beobachtungen abzuleiten. Diese Beobachtungen sind nämlich seit dem Jahre 1750 bereits so genau, daſs man aus den in jener Epoche angestellten Messungen der Schiefe, verbunden mit denen unserer Tage, die Abnahme derselben mit aller nöthigen Schärfe für alle die Zeiten finden kann, die etwa 50 Jahre vor 1750 und ebenso weit nach 1830, also für nahe 200 Jahre statt haben. Die vorhergehende Formel zeigt, daſs die Schiefe der Ekliptik für jede Zeit T nach irgend einer Epoche, wenn man bloſs die zwei ersten Potenzen von T beachtet, die Form hat

$$\text{Schiefe der Epoche} - a.T - b.T^2,$$

wo die Factoren a und b durch die erwähnten Beobachtungen bestimmt werden können. Indem man so die besten Beobachtungen dieser Periode auf das sorgfältigste combinirte, fand man für die Schiefe der Ekliptik den Ausdruck

Digitized by Google

$$e = 23^\circ 28' 42'',19 - 0'',483408\,T - 0'',000002723\,T^2 \ldots (B)$$

wo wieder T die Anzahl Jahre seit 1700 bezeichnet, welchen Ausdruck man ohne merklichen Fehler für die Zeit von 1600 bis 1900 nehmen kann.

Auſser dieser constanten oder doch durch eine Reihe von vielen Jahrhunderten immer fortgehenden Abnahme der Schiefe der Ekliptik giebt es endlich noch eine andere periodische, in der Zeit von nahe 19 Jahren wiederkehrende Aenderung der Ekliptik, die wir oben (Lit. I.) unter der Benennung der *Nutation* kennen gelernt haben und die nicht, wie jene, von den Planeten, sondern bloſs von der Einwirkung der Sonne und des Monds auf die Lage der Erdbahn abhängig ist.

Genaue Beobachtung der Schiefe der Ekliptik.

Da die Bestimmung der wahren Gröſse der Schiefe der Ekliptik durch das ganze Gebiet der Astronomie von der gröſsten Wichtigkeit ist, so muſs auch die Beobachtung derselben mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden. Wenn man im Augenblick des Solstitiums die mittägige Höhe der Sonne beobachtet und davon die bekannte Aequatorhöhe abzieht, so erhält man daraus unmittelbar die gesuchte Schiefe. Ist nämlich z die beobachtete Zenithdistanz des Mittelpuncts der Sonne und φ die geographische Breite des Orts, so hat man $e = \varphi - z$ für das Sommer- und $e = z - \varphi$ für das Wintersolstitium. Allein dieses setzt erstens die Kenntniſs der Polhöhe φ voraus; zweitens hängt diese Bestimmung nur von einer einzigen Beobachtung ab, die aus verschiedenen Ursachen nicht verläſslich genug für einen so wichtigen Gegenstand seyn kann, und sie nimmt endlich an, daſs der Augenblick des Solstitiums genau in den Mittag des Beobachtungsortes fällt, was nur selten oder nie der Fall seyn wird. Man muſs daher auf Mittel denken, sich von diesen Umständen frei zu machen.

Da in der Nähe der Solstitien die mittägige Höhe, also auch die *Declination* der Sonne, nur sehr langsam sich ändert, so läſst sich diese Aenderung für ein gegebenes Zeitintervall durch Rechnung mit groſser Genauigkeit bestimmen. Wir wollen diese Aenderung durch u bezeichnen. Ist nämlich für

Digitized by Google

den Augenblick eines Mittags *in der Nähe des Solstitiums* δ die beobachtete Declination der Sonne und α die Rectascension derselben (welche letztere sich auch entweder durch unmittelbare Beobachtung am Passageninstrumente oder durch die astronomischen Tafeln finden läſst) und nennt man e die schon beinahe bekannte Schiefe der Ekliptik, so hat man die bekannte Gleichung

$$\text{Tang.}\,\delta = \text{Tang.}\,e\,.\,\text{Sin.}\,\alpha\,.$$

Aus dieser Gleichung kann man aber einen sehr einfachen und genauen Werth für die Aenderung $e - \delta = u$ der Declination ableiten, die von dem Augenblick der Beobachtung bis zu dem Eintritte des Solstitiums statt hat. Man findet nämlich für diese Reduction

$$u = \Theta^2\,\text{Sin.}\,2e - \tfrac{1}{2}\,\Theta^4\,\text{Sin.}\,4e + \tfrac{1}{3}\,\Theta^6\,\text{Sin.}\,6e - \ldots,$$

wo $\Theta = \text{tang.}\,\frac{1}{2}(90^0 - \alpha)$ ist. Mittelst dieser Ausdrücke wird man also jede in der Nähe des Solstitiums beobachtete mittägige Zenithdistanz z des Mittelpuncts der Sonne auf die Solstitial-Zenithdistanz $z + u$ derselben bringen und daher so viele Solstitial-Zenithdistanzen erhalten, als man vor und nach dem Solstitium mittägige Beobachtungen der Sonne hat. Man sieht leicht, daſs man auf diese Weise zehn, zwanzig und mehrere Bestimmungen erhält und daſs man sich durch dieses Verfahren von den zwei letzten der oben erwähnten Nachtheile ganz unabhängig machen kann. Hat man also diese Beobachtungen zur Zeit des Wintersolstitiums angestellt und nennt man r die Refraction[1], welche man bei diesen Beobachtungen gebraucht hat, so giebt jeder Tag die gesuchte Schiefe e der Ekliptik durch die Gleichung

$$e = z + u + r - \varphi,$$

und in dieser Gleichung kann man, wenn man, wie hier vorausgesetzt werden muſs, an einem guten Instrumente beobachtet hat, die Gröſsen z und u als genau bekannt ansehn, um so mehr, da diese Gleichung eigentlich das Mittel aus 10 oder 20 andern ähnlichen ist, in welchem Mittel sich die vielleicht begangenen, kleinen Beobachtungsfehler gegenseitig gröſstentheils aufheben werden. Nicht so ist es aber mit den beiden andern Gröſsen r und φ. Die Refraction ist, besonders in kleinern Höhen,

1 S. Art. *Strahlenbrechung.*

wie sie bei den Wintersolstitien statt haben, noch immer einigen Ungewiſsheiten unterworfen und die Polhöhe ist schwer mit derjenigen Genauigkeit zu bestimmen, die hier erfordert wird. Wenn man aber nicht nur das Wintersolstitium, sondern auch das vorhergehende oder folgende Sommersolstitium beobachtet hat, so findet man aus demselben die Schiefe e′ der Ekliptik durch folgende Gleichung:

$$e' = \varphi - z' + u' - r',$$

wo z′, u′, r′ wieder die vorhergehende Bedeutung haben und wo φ denselben Werth wie zuvor hat. Auch diese zweite Bestimmung der Schiefe ist, wie man sieht, von φ und r′ abhängig und daher denselben Nachtheilen, wie die erste, ausgesetzt. Aber wenn man von diesen beiden Schiefen e und e′ das arithmetische Mittel $\frac{1}{2}(e + e')$ nimmt, so erhält man für die gesuchte Schiefe der Ekliptik den Ausdruck

$$\tfrac{1}{2}(z - z') + \tfrac{1}{2}(u + u') + \tfrac{1}{2}(r - r')$$

und dieser ist, wie man sieht, von der Kenntniſs *der Polhöhe* φ ganz unabhängig und nur noch demjenigen Fehler ausgesetzt, welchen man vielleicht in der Bestimmung der Refraction begangen haben kann. Von der so erhaltenen beobachteten Schiefe wird man dann die oben erwähnte Nutation 9″ Cos. ☊ ☾ subtrahiren, um die gesuchte mittlere Schiefe zu erhalten.

Obschon die Astronomen der neuern Zeit die gröſste Sorgfalt und die besten Instrumente auf die Beobachtung der Schiefe der Ekliptik verwendeten, so fanden sie doch keineswegs die gewünschte Uebereinstimmung der Resultate. Vorzüglich auffallend, ja unerklärbar erschien ihnen die sonderbare Differenz der *Sommer-* und *Winterschiefe.* Die Schiefe der Ekliptik wurde nämlich aus den Beobachtungen im Sommer durchaus gröſser als im Winter gefunden, und diese Differenz ging bei den geübtesten und mit den besten Instrumenten versehenen Beobachtern, bei Maskelyne auf 5, bei Piazzi sogar auf 8 Secunden und darüber, und zeigte sich constant durch eine Reihe von 15 und mehr Jahren, in welchen diese Beobachtungen angestellt wurden. Piazzi suchte die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung in den Wirkungen der Elektricität der Atmosphäre. Andere wollten eine periodische Ungleichheit der Nutatiom oder einen unregelmäſsigen Bau des Erdkörpers, der von einem Ellipsoid beträchtlich abweichen

sollte, als den Grund jener Differenz angeben. Wieder andere glaubten durch eine andere Abnahme der Schiefe, als die bisher festgesetzte, das Räthsel lösen zu können. Bürg stellte zu demselben Zwecke eine ganz andere Tafel der mittleren Refraction auf, die aber von keinem Astronomen angenommen wurde. Andere suchten in den Beobachtungen der Astronomen so lange hin und wieder, bis sie auch einige Beispiele vom Gegentheile fanden, wo die Sommerschiefe die kleinere war, um dadurch die ganze Erscheinung auf bloſse Beobachtungsfehler zurückzuführen, und wieder andere hatten sich von der Existenz dieses Unterschiedes, an welcher auch bei einer nüchternen Ansicht des Gegenstandes nicht weiter zu zweifeln war, so sehr überzeugt, daſs sie diese isolirte Erscheinung, die bloſs bei der Neigung der Erdbahn statt hatte, zu einem allgemeinen Phänomen erheben wollten. Wie es dann bei vorgefaſsten Meinungen zu gehn pflegt, daſs man, was man so eifrig sucht, auch in der That findet, so machten auch diese Herren die Entdeckung, daſs nicht bloſs bei der Erde, sondern auch bei allen übrigen Planeten die Neigung des nördlichen Theils ihrer Bahnen durchaus gröſser sey, als die des südlichen Theiles. Wer kann sagen, welche Hypothesen noch alle zu Tage gefördert worden wären, wenn nicht das Räthsel von einer Seite eine Auflösung erhalten hätte, von welcher man dieselbe wohl schon öfter vermuthet, aber auch diese Vermuthung näher zu untersuchen immer vernachlässigt hatte.

Bessel war es, der in der monatlichen Correspondenz und später in seinen *Fund. Astron.* zuerst zeigte, daſs die Correction der Refraction, die von dem Thermometer abhängig ist, bisher von den Astronomen auf eine unrichtige Art gebraucht worden sey und daſs Tob. Mayer schon lange zuvor eine bessere vorgeschlagen habe, die aber sonderbarer Weise unbeachtet geblieben, ja von einigen sogar für falsch erklärt worden ist. Bessel nahm nun die ganze Theorie der Refraction nach einem neuen, umfassenden Plane noch einmal vor, und verwendete dabei besondere Sorgfalt auf diese Bestimmung der thermometrischen Correction. Als er seine neuen Refractionstafeln vollendet hatte, wandte er sie auf die Beobachtungen der Schiefe an, die Maskelyne, Piazzi, Oriani, v. Zach und er selbst gemacht hatten, und fand zu seiner nicht

geringen Beruhigung, daſs jene Differenz zwischen den Sommer- und Winterschiefen bloſs illusorisch ist, daſs sie in der Natur selbst nicht existirt und endlich daſs sie bloſs der fehlerhaften Correction der Refraction durch das Thermometer entstanden ist, wodurch denn auch sofort alle früher aufgestellten Hypothesen in ihr Nichts zurückfielen.

Einfluſs der Schiefe der Ekliptik auf die Jahreszeiten.

Wenn die Schiefe der Ekliptik nicht existirte oder wenn die Bahn der Erde mit ihrem Aequator zusammenfiele, so würden alle Bewohner der Erde die Sonne immer im Aequator sehn, sie würde durch das ganze Jahr genau im Ostpuncte auf- und im Westpuncte untergehn und jeder Tag würde endlich seiner Nacht gleich seyn. Dahin würde es auch in der That kommen, wenn, nach Whiston, Weidler und Louville[1], einmal in der Folgezeit diese *beiden Ebenen* zusammenkommen und fortan bei einander bleiben würden. Daſs dieses aber nie geschehn wird, ist bereits oben gezeigt worden.

Nennt man S den halben Tagbogen eines Gestirns, d. h. die Hälfte desjenigen Theiles seines *Parallelkreises*[2], der *über* dem Horizonte eines Beobachters liegt, so hat man bekanntlich, wenn φ die Polhöhe des Beobachters und p die Poldistanz des Gestirns bezeichnet, zur Bestimmung von S die einfache Gleichung

$$\text{Cos.}\,(180^0 - S) = \frac{\text{Tang.}\,\varphi}{\text{Tang.}\,p}.$$

Ist nun das Gestirn die Sonne, so bezeichnet S die halbe Tageslänge und die Gleichung zeigt, daſs in der nördlichen Hemisphäre, wo φ positiv angenommen wird, wenn p kleiner als 90° ist, S gröſser als 90° seyn wird und umgekehrt, d. h. daſs die Tage länger als die Nächte sind, so lange die Sonne, zur Zeit unsers Frühlings und Sommers, über dem Aequator steht und umgekehrt. Für p = 90°, oder wenn die Sonne am 21sten März und 23sten September im Aequator steht, ist

1 In Actis Erud. Lips. 1719. p. 218.

2 S. Art. *Parallelkreise*. Bd. VII. S. 294.

Digitized by Google

Cos. $(180^0 - S) = 0$ oder $S = 90^0$ oder Tag und Nacht sind dann auf der ganzen Erde einander gleich. Für die Bewohner der südlichen Halbkugel, wo φ negativ ist, treten die entgegengesetzten Erscheinungen ein; ihr Tag ist länger, wenn der unsere kürzer ist, oder sie haben Sommer, wenn wir Winter haben, und umgekehrt.

Da die Schiefe der Ekliptik $e = 23^\circ\ 28'$ beträgt, so ist die Poldistanz p der Sonne immer zwischen den Grenzen $90^\circ - e = 66^\circ\ 32'$ und $90^\circ + e = 113^\circ\ 28'$ enthalten. Ist nun $p = \varphi$ oder wird für irgend einen Tag des Jahrs die Poldistanz der Sonne gleich der geographischen Breite eines Ortes auf der Oberfläche der Erde, so ist $S = 180^\circ$, oder die Sonne geht an diesem Tage für jenen Ort nicht mehr auf und unter, sondern berührt bloſs, im Augenblicke ihrer Culmination, den Horizont desselben Ortes. Dieses ist für solche Orte der Anfang der Jahreszeit ohne Nacht oder ohne Tag, wo die Sonne mehrere Tage über oder unter dem Horizonte bleibt. Die Bewohner der Erde, für welche die Sonne bloſs an einem einzigen Tag im Jahre nicht auf- oder nicht untergeht, haben eine nördliche oder südliche Breite, die gleich $90^0 - e$ ist, und sie sind die Bewohner der beiden *Polarkreise.* Die noch näher bei den Polen wohnen, haben mehrere Tage im Jahre, wo ihnen die Sonne nicht auf- oder nicht untergeht, und zwar desto mehr, je näher sie selbst dem Pole sind. Dieses sind die Bewohner der Polarländer. Die mittägige Höhe h der Sonne ist überhaupt

$$h = 180^0 - p - \varphi$$

und diese wird daher für jede gegebene Polhöhe φ am gröſsten, wenn p am kleinsten oder gleich $90^\circ - e = 66^\circ 32'$ wird. Dann hat man $h = 113^\circ\ 28' - \varphi$, oder h ist desto kleiner, d. h. die Sonne steht selbst im Mittage desto niedriger, je gröſser die geographische Breite ist. Für den Polarkreis ist $\varphi = 90^\circ - e = 66^\circ\ 32'$, also $h = 46^\circ\ 56'$, und für den Pol selbst ist $\varphi = 90^\circ$, also $h = 23^\circ\ 28'$. Für die Bewohner des Pols ist überhaupt jede Höhe, nicht bloſs die mittägige, gleich $90^\circ - p$ oder die Höhe der Sonne bleibt daselbst durch den ganzen Tag dieselbe, so lange p sich nicht ändert; die Sonne bleibt sichtbar, so lange p kleiner als 90° ist, und sie wird unsichtbar, wenn p gröſser als 90° ist.

Digitized by Google

Erscheinungen für eine andere Schiefe der Ekliptik.

Man nennt bekanntlich *heiſse Zone* den Theil der Erdoberfläche, der zwischen den beiden *Wendekreisen* eingeschlossen ist, d. h. zwischen den beiden dem Aequator parallelen Kreisen, die von ihm zu beiden Seiten um den Bogen e abstehn. Die beiden *kalten Zonen* erstrecken sich von den beiden Polen bis zu den *Polarkreisen*, d. h. zu den beiden dem Aequator parallelen Kreisen, die von den Polen um den Bogen e, also auch vom Aequator zu beiden Seiten desselben um den Bogen $90^0 - e$ abstehn. Die zwei noch übrigen Zonen, die zwischen den Wende- und Polarkreisen eingeschlossen sind, heiſsen die *gemäſsigten Zonen*. Aus diesen Erklärungen folgt sofort, daſs die Bewohner der heiſsen Zone die Sonne jährlich zweimal in ihrem Zenithe haben, daſs die Bewohner der kalten Zonen die Sonne mehrere Tage nicht auf- und mehrere Tage nicht untergehn sehn, und daſs endlich die Bewohner der gemäſsigten Zonen die Sonne, die ihnen alle Tage des Jahres auf- und untergeht, nie in ihrem Scheitel sehn können. Die heiſse Zone erstreckt sich in jeder der beiden Hemisphären von $\varphi = 0$ bis $\varphi = e = 23^0\ 28'$, die gemäſsigte von $\varphi = e$ bis $\varphi = 90^0 - e = 66^0\ 32'$, und die kalte endlich von $\varphi = 90^0 - e$ bis $\varphi = 90^0$.

Ganz anders würden sich alle diese Erscheinungen verhalten, wenn die Schiefe der Ekliptik von der jetzt statt habenden sehr verschieden wäre. Wäre z. B. $e = 0$ oder fiele die Ekliptik mit dem Aequator zusammen, so würde die Poldistanz, also auch die Mittagshöhe der Sonne, durch das ganze Jahr dieselbe bleiben; der Tag würde an allen Orten der Erde immer gleich seiner Nacht seyn und 12 Stunden dauern; die Bewohner des Aequators würden die Sonne Mittags immer in ihrem Zenithe sehn und für die Bewohner des Pols würde sie den ganzen Tag und das ganze Jahr im Horizonte derselben seyn. Wäre aber die Schiefe der Ekliptik z. B. gleich 45^0, so würde die heiſse Zone von $\varphi = 0^0$ bis $\varphi = 45^0$ und die beiden kalten würden von $\varphi = 45^0$ bis $\varphi = 90^0$ gehn, daher es, in der obigen Bedeutung des Worts, gar keine gemäſsigte Zone geben könnte. Bei dem Planeten Venus scheint diese Schiefe noch viel gröſser zu seyn, wenn man anders der

Beobachtungen Schröter's, die er selbst nur als Vermuthungen darstellt, vertrauen darf, da sie gegen 72 Grade betragen soll. Demnach würde sich die heiſse Zone, deren Bewohner nämlich die Sonne noch in ihrem Scheitel sehn können, zu beiden Seiten des Venus-Aequators auf eine Breite von 72 Graden erstrecken. Heiſst dann wieder die kalte Zone diejenige, für welche die Sonne mehrere Tage im Jahre nicht auf- und nicht untergeht, so würde man von dieser 144 Grade breiten heiſsen Zone die zwei äuſsersten Theile, deren jeder eine Breite von 54 Graden hat, auch zugleich zur kalten Zone zählen müssen. In der Entfernung von 18 Graden von dem Pole und ebenso weit von dem Aequator würde also diejenige Zone von 54° Breite eingeschlossen seyn, deren Bewohner einen Theil des Jahrs hindurch die Sonne gar nicht sehn und sie wieder, in einem andern Theil des Jahres, in ihrem Zenithe erblicken. Bloſs jene zwei Gegenden um den Pol, bis 18 Grade von demselben, ausgenommen werden alle übrigen Theile der Oberfläche der Venus die Sonne zweimal im Jahre in ihrem Scheitel sehn und selbst für die Bewohner der beiden Pole wird sie, im höchsten Sommer, im Mittage sich noch bis auf 72 Grade über ihren Horizont erheben und zu dieser Zeit, ihrem längsten Tage, wo sie die Sonne immer sehn, wird sie ihnen selbst um Mitternacht, wo sie am tiefsten steht, noch in der Höhe von 54 Graden erscheinen, also in derselben Höhe, in welcher die Bewohner von Petersburg die Sonne im Mittag ihres längsten Tags erblicken. Die von dem Aequator über 18 Grade entfernten, noch in der heiſsen Zone liegenden Bewohner der Venus werden im Gegentheile eine Zeit des Jahres von den senkrecht auf sie fallenden Sonnenstrahlen verbrannt und zu einer andern Zeit wieder von Wochen langen Nächten abgekühlt und alles Sonnenlichtes gänzlich beraubt werden. Die Bewohner dieses Planeten werden daher mit sehr schroffen Abwechselungen ihrer Jahreszeiten zu kämpfen haben, die übrigens wenigstens dadurch wieder einigermaſsen gemildert werden, daſs ihre Jahreszeiten nur etwa halb so lange dauern, als die der Erde, da die Umlaufszeit der Venus um die Sonne nur 224,7 unserer Tage dauert.

Wenn endlich die Schiefe der Ekliptik 90 Grade beträgt oder wenn die Bahn eines Planeten auf dem Aequator desselben senkrecht steht, so würden alle drei Zonen, in der

Digitized by Google

vorigen Bedeutung genommen, von 0° bis 90° gehn, oder sie würden sich alle unter einander mischen und jede derselben würde sich über die ganze Oberfläche des Planeten erstrecken. Nennt man l die Länge und p die Poldistanz der Sonne, so hat man die bekannte Gleichung

$$\text{Sin.}\,l\ \text{Sin.}\,e = \text{Cos.}\,p\,.$$

Da aber für unsere gegenwärtige Voraussetzung $e = 90°$ ist, so hat man

$$l = 90° - p$$

oder für einen solchen Planeten wird die *Länge* der Sonne immer auch zugleich die *Declination*[1] seyn. Da auch hier für den Anfang oder das Ende derjenigen Zeit, wo die Sonne für einen gegebenen Parallelkreis der Breite φ nicht mehr auf- oder untergeht, $p = \varphi$ seyn muſs, so ist auch

$$l = 90° - \varphi\,.$$

Für $\varphi = 0$ hat man demnach $l = 90°$ oder für den Aequator geht die Sonne nicht mehr auf oder nicht unter an den zwei Tagen, wo sie in den Solstitien oder wo ihre Länge gleich 90° oder 270° ist. Für $\varphi = 90°$ im Gegentheile ist $l = 0$, oder für die Pole ist der Anfang jener Zeit dann, wenn die Sonne in die Aequinoctien tritt oder wenn ihre Länge 0° oder 180° ist, so daſs also hier die Pole ebenfalls ein halbes Jahr Tag und ein halbes Jahr Nacht haben werden. Für jeden andern Ort, dessen Breite φ ist, hat der Anfang und das Ende jener Zeit statt, wenn die Sonne die Länge $90° - \varphi$ oder $270° - \varphi$ hat. Dieser Fall hat in unserm Sonnensysteme bei dem Planeten *Uranus* statt, wenn anders die Beobachtungen des ältern Herschel richtig sind, nach welchen die Bahnen der Satelliten dieses Planeten, also auch wahrscheinlich die Ebene seines Aequators, auf der Ebene seiner Bahn um die Sonne senkrecht stehn sollen. Für diesen, von der Sonne am weitesten entfernten Planeten wird also der Unterschied aller Klimate, der bei uns so groſse und wichtige Folgen hat, beinahe ganz aufgehoben seyn, d. h. es wird, in Beziehung auf den Stand der Sonne und auf die Temperatur des Bodens in verschiedenen Zeiten des Jahrs, einerlei seyn, ob das Land nahe bei dem Aequator oder bei den Polen liegt, da jeder Punct

1 S. Art. *Abweichung*. Bd. I. S. 128.

Digitized by Google

der Oberfläche des Uranus, selbst die beiden Pole nicht ausgenommen, die Sonne im Laufe seines langen Jahres (von beinahe 84 unserer Jahre) zweimal in seinem Zenithe sieht. Im Anfange des Frühlings und des Herbstes, wenn man hier noch diese Worte gebrauchen darf, wird nämlich die Sonne senkrecht über dem Aequator stehn und Tag und Nacht auf dem ganzen Planeten gleich groſs seyn. Allein nur kurze Zeit nach dieser Epoche werden selbst die Bewohner in der Nähe des Aequators schon einen bedeutenden Unterschied in der Länge ihrer Tage und Nächte bemerken und im Anfange des Sommers oder des Winters wird der nördliche oder der südliche Pol die Sonne in seinem Zenithe sehn und die diesen Polen zunächst liegenden Länder werden durch volle 42 unserer Jahre immerwährend Tag und ebenso lange wieder eine ununterbrochene Nacht haben. Durch diese Einrichtung wird also auch der Unterschied der vier Jahreszeiten auf dem Uranus der gröſstmögliche seyn, oder mit andern Worten: so wenig es, in Beziehung auf Temperatur, Beleuchtung, Vegetation u. dgl., darauf ankommen wird, ob man nahe bei dem Aequator oder fern von demselben wohne, so viel wird im Gegentheile darauf ankommen, ob der Süd- oder Nordländer des Uranus eben Sommer oder Winter hat. Bedenkt man noch, daſs die Bewohner des Uranus, ihrer groſsen Entfernung von der Sonne wegen, diese Sonne an Oberfläche nahe 300mal kleiner sehn, als wir, und daſs sonach ihr hellstes Tageslicht noch nicht mit dem unserer Mondnächte verglichen werden kann, und daſs endlich die dort herrschende Kälte, sofern sie ihre Ursache bloſs in dem Mangel der Sonnenstrahlen hat, der Art seyn wird, daſs sie dem Leben und aller Vegetation auf der Erde ein plötzliches Ende machen müſste, so läſst sich leicht schlieſsen, daſs die Geschöpfe, welche diesen Planeten bewohnen mögen, von denen unserer Erde sehr verschieden seyn werden.

L.

Digitized by Google

Vulcane.

Feuerberge, feuerſpeiende Berge; *Montes ignivomi, Vulcani;* Volcans; *Volcanos.*

Der Name Vulcan iſt von dem Gotte des Feuers bei den Alten entnommen, denn man ſetzte die Werkſtätte deſſelben als die eines Künſtlers in Metallarbeiten namentlich nach Sicilien, wo der allgemein bekannte feuerſpeiende Berg Aetna von den Dichtern als ſeine groſse Schmiede dargeſtellt wurde, in welcher zugleich die rieſenhaften Cyklopen arbeiteten. Zunächſt ſind demnach diejenigen gröſseren und kleineren Berge, welche, wie der Aetna, ein in ihrem Innern ſtatt findendes Brennen zeigen, zu den Vulcanen zu rechnen; allein dieſes Feuer könnte erlöſchen, und wir müſsten dennoch fortfahren, den Berg einen Vulcan zu nennen, weil er ſich einmal als ſolchen gezeigt hat, woraus dann der Unterſchied zwiſchen erloſchenen und noch brennenden von ſelbſt hervorgeht. Der Begriff, welchen wir mit dieſen Bergen verbinden, beruht zwar zunächſt auf den Aeuſserungen eines unterirdiſchen Feuers, allein es ſind damit zugleich die Erſcheinungen des Auswerfens von Rauch, Waſſerdampf, Steinen, Aſche und Laven verbunden, und wir bezeichnen daher mit demſelben Namen auch ſolche Orte, an denen Gasarten, Dämpfe, Waſſer, Schlamm u. ſ. w. von der Erde ausgeſtoſsen werden, ohne Rückſicht darauf, ob unterirdiſches Feuer einzige oder mitwirkende Urſache dieſer Phänomene ſey oder nicht. Endlich ſind einige heiſse Quellen und zwar die bedeutendſten ſo entſchieden Erzeugniſſe eines unterirdiſchen Feuers, daſs man die Unterſuchung derſelben mit Grunde an die der Vulcane anreihen kann. Hiernach zerfällt alſo der vorliegende Artikel in folgende Theile:

A. Eigentliche Vulcane;
  a) erloſchene,
  b) noch brennende.

B. Uneigentliche Vulcane;
  a) Schlammvulcane;
  b) Gasvulcane.

C. Heiſse Quellen.

Digitized by Google

Ueber alle diese Gegenstände vollständig zu handeln würde ein eigenes, nicht kleines Werk erfordern, ich beschränke mich daher auf das Wichtigste und einige Nachweisung der Literatur.

A. Eigentliche Vulcane.

a) Erloschene.

Seitdem man in der neueren Zeit die meisten Veränderungen der Erdoberfläche von vulcanischen Thätigkeiten abgeleitet hat, statt daſs man sie früher den Einwirkungen des Wassers zuschrieb, muſste nothwendig das Interesse an den Forschungen in diesem Gebiete ausnehmend vermehrt werden, und die Literatur ist daher mit einigen Hauptwerken bereichert worden, die sich über die Vulcane im Ganzen verbreiten, unter denen ich nur die von Daubeny[1] und Scrope[2] nennen will. Nach den bereits seit längerer Zeit fortgesetzten Untersuchungen dieser und anderer Gelehrten, unter denen Al. v. Humboldt und L. von Buch vorzugsweise genannt zu werden verdienen, häufen sich täglich die Thatsachen, aus denen hervorgeht, daſs alle gröſsern Bergketten von unten herauf gehoben seyn müssen und daſs die ältere Hypothese, wonach sie aus dem Wasser durch einen groſsartigen Niederschlag gebildet,

---

1 A Description of active and extinct volcanos cet. By Charles Henry Daubeny. Lond. 1826. 8. A tabular view of volcanic phenomena, comprising a list of burning mountains that have been noticed at any time since the commencement of historical records, or which appear to have existed at antecedent periods, together with the dates of antecedent eruptions and of the principal earthquakes connected with them. By Charles Henry Daubeny cet. Lond. 1827. 8.

2 Considerations on volcanos, — the principal causes of their phenomena, — the laws which determine their march, — the dispositions of their products, — and their connection with the present state and past history of the globe cet. By G. Poulett Scrope, Esq. Lond. 1825. Ein groſses Werk über diesen Gegenstand, reich an Thatsachen zum groſsen Theile nach eigenen Beobachtungen, mit sehr schönen Kupfern und Charten ist: Théorie des Volcans. Par le Comte A. de Bylandt Palstercamp. Par. 1835. 8. III T. 8. mit Atlas. Es ist jedoch zu vieles nicht zunächst zur Sache Gehöriges in diesem Werke enthalten. und die Theorie dürfte in vielen Puncten mit anerkannten physikalischen Principien unvereinbar seyn.

Digitized by Google

die Thäler aber allmälig ausgewaschen seyn sollten, den Erscheinungen nicht angepaſst werden kann. Sofern man dieses als begründet betrachten darf, würde dann weiter folgen, daſs alle gröſsere Gebirgszüge, denen die offenbar angeschwemmten, durch bloſse Einwirkung des Wassers gebildeten, auf keine Weise beizuzählen sind, den erloschenen Vulcanen anzureihen wären. Inzwischen pflegt man den Begriff nicht so weit auszudehnen, und wenn gleich Gründe vorhanden sind, anzunehmen, daſs selbst die älteren Felsarten, als Granit, Syenit, Gneis und andere, aus einer feurig flüssigen Masse gebildet oder unter Einwirkung plutonischer Kräfte in ihre jetzige Lage gebracht worden sind, so rechnet man sie dennoch nicht zu den ausgebrannten Vulcanen, sondern versteht unter diesen bloſs solche Berge, deren Felsarten in einem kenntlichen, mehr oder minder vollständigen feurigen Flusse gewesen seyn müssen, als vor allen die Basalte, die Trachyte und die sonstigen, von den Geognosten so genannten vulcanischen Gebilde, wozu man um so mehr berechtigt ist, je gröſsere, mitunter höchst auffallende Aehnlichkeit die aus ihnen bestehenden Gebirge mit gegenwärtig noch brennenden Vulcanen haben und je zahlreichere Spuren einer Einwirkung des Feuers sich an ihnen und ihren Umgebungen zeigen. Hierhin gehören vorzugsweise die Basalte nebst den Doleriten, und das genauere Studium dieser und der übrigen Felsarten, wovon die Resultate durch v. Leonhard [1] in einem ebenso umfassenden als gründlichen Werke zusammengestellt worden sind, hat der neueren geologischen Theorie eine feste Grundlage verschafft. Hiernach hält man also alle Gebirge, die aus Basalt, Dolerit, Trachyt und ähnlichen, durch Feuer erzeugten oder umgewandelten, Felsarten bestehn, auſser denen, wo sich eigentliche Lava zeigt, für vulcanischen Ursprungs, und man müſste sie daher insgesammt zu den ausgebrannten Vulcanen zählen, wenn es nicht wahrscheinlich wäre, daſs jene genannten Felsarten zuweilen nur durch die äuſserste Erdkruste emporgequollen sind, wobei allerdings das Feuer alleinige oder mitwirkende Ursache gewesen seyn muſs, ohne daſs jedoch dasselbe auf der äuſsern

1 Die Basaltgebilde in ihren Beziehungen zu normalen und abnormen Felsmassen. Von Karl Caesar v. Leonhard. 2. Abth. mit einem Atlas. Stuttg. 1832.

Digitized by Google

Erdoberfläche sichtbar zum Vorschein kam. Hieraus ergiebt sich also, daſs es gegenwärtig, nachdem das Aeuſsere solcher Gebirge seit Jahrhunderten und Jahrtausenden verändert ist, schwierig seyn muſs, zu entscheiden, ob sie den erloschenen Vulcanen beizuzählen sind, eine Frage, deren Beantwortung selbst in Beziehung auf die geologischen Forschungen zum Glück nicht in vorzüglichem Grade wichtig ist.

Abstrahiren wir also von den namentlich aus Urgebirgsarten bestehenden Bergketten, obgleich auch diese durch plutonische Kräfte gebildet und gehoben seyn mögen, so bleiben nur diejenigen Berge als der Classe der vulcanischen angehörend übrig, bei denen feurig flüssige oder mindestens erweichte Massen aus dem Innern der Erde emporgetrieben wurden. Man unterscheidet hierbei sachgemäſs solche Erhebungen, die ihre Entstehung aufgehäuften Substanzen verdanken, wie solche noch jetzt als Lava, Steine, Asche u. s. w. aus den Kratern brennender Vulcane ausgeworfen werden, von denen, die durch ein Emporquellen einer heiſsen, anscheinend zähen Masse aus dem Innern des Erdballs ihren Ursprung erhalten haben, wie denn namentlich die Basalte und Dolerite noch jetzt kenntlich die weiten Canäle ausfüllen, in denen sie früher emporgestiegen zu seyn scheinen, indem sie die über ihnen befindliche Kruste hoben, durchbrachen, die dadurch entstandenen Räume ausfüllten und sich über diese Grundlage erhoben oder auch wohl seitwärts abflieſsend sie überdeckten. Auf solche Weise erklären die neueren Geologen den Ursprung der genannten Felsgebilde, welche früheren Katastrophen unserer Erdkruste zugehören, deren Entstehung jedoch nicht mehr so, wie die der eigentlichen Feuerberge, während der geschichtlichen Zeit beobachtet wurde. Dabei ist jedoch wohl zu berücksichtigen, daſs an vielen Orten, namentlich in der Auvergne, neben Basalten auch eigentliche Laven gefunden werden, wonach also beide Arten von Phänomenen keineswegs getrennt waren, sondern neben einander bestanden.

Wenn sonach der viel bestrittene Ursprung der neuerdings sogenannten vulcanischen Felsarten, als der Basalte, Dolerite, Trachyte und anderer, nicht wohl ferner zweifelhaft seyn kann, wie auch namentlich daraus hervorgeht, daſs die chemischen

Digitized by Google

Analysen, z. B. von Kennedy[1], in den Basalten mit unbedeutenden und leicht erklärlichen Unterschieden die nämlichen Bestandtheile, als in neueren Laven, nachgewiesen haben, so geht aus der allgemeinen Verbreitung der basaltischen Gebirge über alle Theile der vom Meere nicht bedeckten Erdoberfläche unverkennbar hervor, daſs die äuſsere Erdrinde durch diese eigenthümliche Art vulcanischer Berge einen bedeutenden Theil ihrer gegenwärtigen Gestaltung erhalten hat. Hiervon überzeugt man sich leicht, sobald man nur die zahllose Menge der basaltischen Gebilde sich vorstellt, die der Geognost bei seinen Untersuchungen in allen Welttheilen antrifft, worüber bereits oben das Nöthige mitgetheilt wurde[2].

Wenden wir uns zur Betrachtung der eigentlichen vulcanischen Gebirge, das heiſst solcher, bei denen man noch Spuren eines früheren Kraters und ganz eigentliche, den später ausgeworfenen vollkommen gleiche Laven findet, so hält es schwer, diese von den basaltischen scharf zu sondern, weil in der That der Unterschied zwischen diesen beiden Felsarten nicht leicht bestimmbar ist; noch weit schwieriger aber läſst sich bei einer groſsen Zahl vulcanischer Berge mit Bestimmtheit angeben, ob sie den erloschenen oder den noch thätigen beizuzählen sind[3]. Manche derselben entwickeln, ohne eigentliche Eruptionsphänomene, fortdauernd schwefel- und salmiakhaltige Dünste und zeigen dadurch, daſs feurige Kräfte in ihrem Innern thätig sind, andere bleiben Jahrhunderte lang unthätig, ihre Krater werden mit Dammerde bedeckt und mit Waldungen überkleidet und geben dennoch später unerwartet das Schauspiel meistens sehr furchtbarer Ausbrüche. Das auffallendste Beispiel dieser Art hat eben der Vesuv gegeben, über welchen aus den ältesten Zeiten und während der ganzen Dauer der römischen Republik keine Nachrichten und selbst keine Sagen früherer Eruptionsphänomene vorhanden sind, ja dessen Gipfel sogar mit den üppigsten Waldungen bedeckt war, obgleich die den Römern bemerklich gewordenen vulcanischen Felsarten frühere Ausbrüche des Berges beurkundeten, die einer uralten, vielleicht vorgeschichtlichen

1 Trans. of the Roy. Soc. of Edinb. T. V. p. 76.
2 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1096.
3 Vergl. v. Humboldt in Poggendorff's Ann. XLIV. 201.

Digitized by Google

Periode angehören[1]. Ebenso hatte man bereits aufgehört, den Schwefelberg auf St. Vincent für einen Vulcan zu halten, als ein plötzlicher furchtbarer Ausbruch desselben im Jahre 1812 seine eigentliche Beschaffenheit nur zu klar an den Tag legte. Ueberhaupt ist bekannt, daſs nur wenige Vulcane, und zwar gerade die kleinsten, die man daher als noch in der Periode ihres Entstehens begriffen ansehn könnte, ohne Unterbrechung sich thätig zeigen, statt daſs die gröſseren nur periodische, zuweilen durch lange Zwischenräume unterbrochene, dann aber höchst furchtbare Eruptionen beobachten lassen. Indem aber auſserdem an Orten, die nicht eben durch Bergketten ausgezeichnet waren, und sogar im Meere während der geschichtlichen Zeit neue Vulcane entstanden sind, so kann von keiner Gegend der Erde mit Bestimmtheit versichert werden, daſs sie den Gefahren vulcanischer Actionen gar nicht möglicher Weise ausgesetzt seyn könne, wie denn auch die mit den Feuerbergen innigst verwandten stärkeren oder schwächeren Erderschütterungen wohl nicht leicht irgend einen Punct der Erde absolut verschonen. Auf der anderen Seite folgt hieraus zugleich, daſs ein thätiger Vulcan, sobald er aufhört, die bekannten Substanzen auszuwerfen, für immer oder für eine so lange Zeit zu ruhen anfangen kann, daſs er hiernach den erloschenen Vulcanen beigezählt werden müſste, und es läſst sich daher auch in dieser Beziehung keine ganz scharfe Grenze zwischen thätigen und erloschenen Vulcanen ziehn. Dieser Uebergang beider Arten vulcanischer Gebirge in einander ist indeſs in wissenschaftlicher Hinsicht nicht sehr bedeutend, denn sie gehören dem Wesen nach zu der nämlichen Classe, und hinsichtlich der Bezeichnung rechnet man diejenigen zu den erloschenen, bei denen sich die Eruptionsphänomene nicht mehr zeigen, ohne damit bestimmen zu wollen, daſs sie nicht nach längerer Zeit wieder thätig werden können. Es wird daher sachgemäſs seyn, bei der Aufzählung einiger der wichtigsten Gruppen ausgebrannter und seit der ganzen geschichtlichen Zeit ruhender Vulcane diejenigen Nachrichten zu prüfen, die sich über ihre frühere Thätigkeit auffinden lassen,

1 Strabo Geogr. L. V. 247. beschreibt den Krater des Berges, die dortigen Laven und Asche als Producte feuriger Processe, ohne der Eruptionsphänomene zu gedenken.

und ebenso bei den noch thätigen die Zeit aufzusuchen, in welcher ihre Ausbrüche begonnen oder bereits aufgehört haben.

Eine ausgezeichnet vulcanische Gegend mit vielen Basalten, Trachyten und sonstigen lavaartigen Gesteinen ist die am Niederrhein, die Eifel und insbesondere der Lacher See, welcher ganz das Ansehn eines früheren Kraters hat. Hamilton[1] erkannte schon früher die groſse Aehnlichkeit der dortigen Gebirge mit noch jetzt thätigen Vulcanen, später aber ist diese interessante Gegend von vielen Geognosten näher untersucht und insbesondere durch Nöggerath[2], van der Wyck[3] und Steininger[4] genau beschrieben worden; auch haben Poulett Scrope[5] und Hibbert[6] derselben eine nähere Aufmerksamkeit zugewandt. Bei der auffallenden Vulcaneität dieser ganzen Gegend wollten Viele eine Nachricht des Tacitus[7] von einem dort beobachteten Brande der Erde als ein Zeugniſs betrachten, daſs zu jenen Zeiten noch wirkliche Ausbrüche statt gefunden hätten, allein Nöggerath[8] beweist aus überwiegenden Gründen das Gegentheil, und Jameson[9] glaubt, daſs an der erwähnten Stelle von brennender Heide unweit Cöln die Rede sey. Noch reicher an erloschenen Vulcanen, als die Gegend am Niederrhein, ist die Auvergne mit ihren Umgebungen, ja

1 Philos. Trans. T. LXVIII. p. 1. Neuere Betrachtungen über die Vulcane Italiens und am Rhein u. s. w. Von Sir Wilhelm Hamilton. Frankf. 1784.

2 Gebirge in Rheinland-Westphalen.

3 Uebersicht der rheinischen Eifeler erloschenen Vulcane. Bonn 1836.

4 Geognostische Studien am Mittelrhein. Mainz 1819. Die erloschenen Vulcane der Eifel. Ebend. 1820. Neuere Beiträge zur Geschichte der rhein. Vulcane. Ebend. 1821. Bemerkungen über die Eifel und die Auvergne. Ebend. 1824.

5 In seinem oben angezeigten Werke und dessen Memoir of the geology of central France. Lond. 1827. 4. mit Atlas. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. VI. p. 359. N. VII. p. 89. N. VIII. p. 300. Edinb. New Phil. Journ. N. VI. p. 402. Edinb. Journ. of Science N. IX. p. 145. N. XIV. p. 362.

6 Ueber das vulcan. Becken von Rieden. In Edinb. Journ. of Sc. N. S. N. XI. p. 108.

7 Ann. L. XIII. cap. 17.

8 Gebirge in Rheinland-Westphalen. Th. III. S. 59. 225.

9 Edinb. New Phil. Journ. N. I. p. 192.

Digitized by Google

v. Leonhard[1] glaubt, daſs nicht leicht ein Theil der Erde gefunden werde, wo feurige Kräfte Jahrhunderte hindurch so gewaltige Umwälzungen herbeigeführt haben und wo auffallendere Spuren groſsartiger vulcanischer Erscheinungen sichtbar sind, als in jenen Provinzen[2]. Die noch sehr frisch aussehenden basaltischen Laven, namentlich von Royat bei Clermont, scheinen es über allen Zweifel zu erheben, daſs die dortigen vulcanischen Kegel, die gegenwärtig ohne Widerrede zu den erloschenen gehören, noch in der geschichtlichen Zeit thätig gewesen seyn müssen und kaum möglicherweise während nahe zweitausend Jahren geruht haben können; dennoch aber läſst uns die Geschichte ganz ohne alle Nachricht über irgend welche dort wahrgenommene Ausbrüche. Allerdings gewahrt man in den basaltischen Gebirgen, die zur Vulcanenkette des Puy de Dome gehören, neben Lavaströmen noch eigentliche Krater, und v. Leonhard[3] sah auf dem Puy de la Vache so frisch aussehende Schlacken, daſs sie erst vor wenigen Jahren ausgeworfen zu seyn schienen, auch erwähnt Sidonius Apollinaris[4], Bischof von Clermont, ein auf der Erde hinschleichendes und diese verzehrendes Feuer in Velay und Vivarais, welches er ein schrecklicheres Uebel nennt, als die Verheerungen durch die damals allseitig hereinbrechenden Barbaren. Inzwischen sind diese Nachrichten, so wie die des Erzbischofs Avitus von Vienne, zu unbestimmt; das gänzliche Stillschweigen Cäsar's, welcher sich lange Zeit in jenen Gegenden aufhielt, so wie das der früheren und späteren römischen Schriftsteller über Phänomene, die doch unmöglich der allgemeinen Aufmerksamkeit entgehn konnten, wenn sie wirklich statt gefunden hätten, beweist dagegen unwidersprechlich, daſs jene Erzeugnisse eines unterirdischen Feuers nothwendig aus der vorgeschichtlichen Zeit herstammen müssen. In der nachfolgenden Zeit ist aber an feurige Ausbrüche in jenen Gegenden gar nicht zu denken,

---

1 Ueber die Basalte. Th. II. S. 138.

2 Recherches sur les Volcans éteints du Vivarais et du Velay, avec un discours sur les Volcans brûlans cet. Par M. Faujas de St. Fond. Paris 1778. fol. Mit 20 Ktfln.

3 A. a. O. Vergl. Th. I. S. 385.

4 Hist. de l'Acad. 1752. p. 8. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. S. N. I. p. 187.

Digitized by Google

da man die Vulcaneität derselben kaum beachtete, indem vielmehr GUETTARD[1] und DESMAREST[2] zuerst jene basaltischen Berge für erloschene Vulcane erkannten[3]. Es ist sogar noch zweifelhaft, ob zur Zeit der letzten Ausbrüche jener Vulcane die Gegend schon von Menschen bewohnt war, denn man will zwar allerdings Bruchstücke von Geräthschaften und bearbeitete Materialien unter der Asche und der Lava in Velay gefunden haben[4], allein diese können auch später zufällig dahin gekommen seyn, und v. LEONHARD[5] hält es daher für ausgemacht, daſs die letzten Katastrophen jener Gegenden einer vorgeschichtlichen Periode angehören.

Auf dem südöstlichen Abhange der Pyrenäen in Katalonien, namentlich in der Umgegend von Olot, findet sich eine ausgedehnte Gruppe ausgebrannter Vulcane[6] mit kenntlichen Kratern, z. B. der Montsacopa, Montolivet, Puig de la Garrinada, Cot-Sainte-Marguerite, Cot de la Crusca und andere, wo sich kenntliche Lavaströme und Aufhäufungen vulcanischer Asche zeigen, und bei diesen scheinen noch die letzten Spuren einer früheren Thätigkeit wirklich beobachtet worden zu seyn. Aus den ältesten Zeiten sind keine historischen Ueberlieferungen vorhanden, aber FERRERAS[7] erzählt, daſs bei dem Erdbeben im Dec. 1395 zwei Brunnen zu Alcira stinkendes Wasser von aschgrauer Farbe gaben, und nach JUAN DE MARIANA[8] öffneten sich bei dieser Gelegenheit zwei Schlünde, aus denen

1 Mém. de l'Acad. de Par. 1752. p. 1. 27. MONTET ebend. 1760. p. 466.

2 Ebend. 1771. p. 23. 1777. p. 39.

3 Vergl. RAMOND in Mém. de l'Inst. T. XIV. p. 44. D'AUBUISSON in Journ. de Phys. T. LXXXVIII. p. 432. L. v. BUCH in Bibl. Brit. T. XX. p. 306.

4 AULAGNIER Aperçu sur la géologie du Dép. de la haute Loire. Puy 1823. p. 5.

5 Ueber die Basalte. Th. II. S. 143.

6 Beschrieben durch DEBILLY in Ann. des Mines. 2me Sér. T. IV. p. 181. Vergl. POURRET in Férussac Bullet. 1824. N. 10. p. 141. Zuerst sind sie beschrieben worden durch MACLURE in Journ. de Phys. T. LXVI. p. 219., später durch PALASSOU in Nouveaux Mém. pour servir à l'histoire des Pyrenées. Par. 1823. p. 91. Daselbst befinden sich auch die Beobachtungen des Abbé POURRET.

7 Historie von Spanien. Ueb. von BAUMGARTEN. Th. VI. S. 95.

8 Historia general de España. T. VII. p. 262.

Digitized by Google

Steine geschleudert wurden, während aus einer andern Vertiefung schwarz gefärbtes, einen starken übeln Geruch verbreitendes Wasser strömte, welches die Fische in einem Flusse tödtete. Nach einer alten Urkunde auf dem Rathhause zu Olot, wie Debilly[1] erzählt, öffneten sich 1420 zur Nachtzeit drei Feuerschlünde im Walde von Tosca unfern Olot, erloschen aber alsbald wieder. Hierzu kommt noch, daſs das jetzige Olot über den Trümmern der früheren Stadt erbaut ist. Dennoch aber glaubt v. Leonhard[2], welcher jene Nachrichten genau geprüft hat, daſs diese Phänomene zur Kategorie der Luft- und Schlammvulcane gehören, ähnlich denjenigen Erzeugnissen, die früher und später in andern Provinzen Spaniens, namentlich in Murcia im J. 1829, statt fanden[3]; allein auch diese sind mit eigentlichen vulcanischen Ausbrüchen nahe verwandt, und namentlich pflegen Trübungen der Brunnen und Exhalationen stinkender Gasarten meistens damit verbunden zu seyn. Spuren erloschener Vulcane sollen sich nach Dolomieu in der spanischen Bergkette bis nach Portugal hin verlaufen, auch finden sich in letzterem Königreiche selbst mehrere, namentlich in der Umgegend von Lissabon, doch lassen sich nirgends eigentliche Krater wahrnehmen[4].

Uebergehn wir die Insel Island, welche überall mit vulcanischen Bergen übersäet ist, wovon jedoch die meisten noch jetzt fortwährend toben, die vielen vulcanischen Producte auf den Farö-Inseln, den Hebriden, den schettländischen Inseln, an den Küsten von Groſsbritannien und Irland, so wie auf der Insel Elba, wo sich jedoch keine eigentlichen erloschenen Krater finden[5], so bietet insbesondere Italien neben dem noch brennenden Vesuv an vielen Orten Solfataren und Spuren erloschener Vulcane dar, wie Spallanzani[6] und hauptsächlich Fortis[7] namentlich im Veronesischen, Vicentinischen und Pa-

1 Ann. des Mines 2me Sér. T. IV. p. 186.
2 Ueber Basalte. Th. II. S. 148.
3 Gutierrez in Journ. de Géologie par Boué. T. II. p. 21.
4 S. Vandell in Memor. da Acad. Real das Sc. de Lisboa. T. I. p. 80.
5 Lichtenberg's Magaz. Th. VIII. St. IV. S. 44.
6 Reisen in beide Sicilien. Leipz. 1795.
7 Beschreibung des Thales Ronca im Veronesischen. Heidelb.

Digitized by Google

duaniſchen Gebiete gefunden haben wollen. Soulavie[1] rechnet die Solfatare und den See Averno in Italien zu den halberloſchenen Vulcanen, die er von den ganz erloſchenen unterſcheidet, an denen keine weitere Spur noch fortdauernder Thätigkeit wahrgenommen wird. Auch die Höhle im Berge Budoſch in Ungarn[2] iſt eine Solfatare oder ein erloſchener Vulcan, wenn man den ſo eben bemerkten Unterſchied zwiſchen halb- und ganzerloſchenen Vulcanen, dem üblichen Sprachgebrauche gemäſs, nicht annimmt. Auf Sicilien iſt der Aetna ein ſo groſser noch thätiger Vulcan, daſs alle auf der ganzen Inſel ſich vorfindende Feuerproducte ſich leicht auf ſeine ausgebreiteten Wirkungen zurückführen laſſen, dennoch aber wollen Sachkenner, wie z. B. Gemmellaro[3], auch ausgebrannte Vulcane dort finden. Auf den Inſeln des griechiſchen Archipelagus giebt es viele erloſchene Vulcane und namentlich ſind die Inſeln Milo und Santorino dadurch ausgezeichnet; allein da bei dieſen ſich noch in geſchichtlicher Zeit Wirkungen unterirdiſchen Feuers gezeigt haben, ſo werden ſie richtiger den noch thätigen Vulcanen beigezählt, da das Beiſpiel des Veſuv gezeigt hat, daſs eine Jahrhunderte anhaltende Ruhe noch nicht genügt, einen Vulcan für erloſchen zu halten.

Aſien hat im Verhältniſs zur Menge ſeiner noch thätigen Vulcane nicht wenige erloſchene, die jedoch keineswegs ebenſo genau unterſucht worden ſind, als die europäiſchen. Die geſchichtlich überlieferte Zerſtörung der Gegend von Sodom und Gomorrha war wohl ohne Zweifel eine Wirkung vulcaniſcher Eruptionen, wie bereits[4] erwähnt worden iſt, die Erdbeben in Syrien und Meſopotamien deuten auf noch fortdauerndes Brennen der dortigen Feuerberge, von denen viele jedoch bereits erloſchen ſeyn müſſen, die Gegend von Saſſa, unfern von Jeruſalem, auf dem Wege nach Damascus, iſt ganz vulcaniſch, überſäet mit Lavaſtücken und Baſalten, auch findet

---

1779. Mineralogiſche Reiſen durch Calabrien und Apulien. Weim. 1788.

1 Anm. zu Hamilton über d. Vulcane. S. 119.

2 S. Art. *Höhe*. Bd. V. S. 421.

3 Mém. ſur les Volcans éteints du Val di Noto. In Actes de l'Acad. des Sc. nat. de Catane. T. III.

4 S. Art. *See*. Bd. VIII. S. 727. Vergl. Daubeny in Edinb. New Phil. Journ. N. II. p. 365.

Digitized by Google

man häufig Spalten und eigentliche kleine Krater[1] und der Ararat selbst gleicht vollkommen einem erloschenen Vulcane[2]. Von den Spuren eines noch fortdauernden, ehemals sicher weit stärkeren, unterirdischen Brennens in der Umgegend des kaspischen Meeres, namentlich bei Baku, wird später die Rede seyn, hauptsächlich aber findet sich eine Menge ausgebrannter Vulcane in der Mongolei, in Tibet und auf den ostindischen Inseln[3]. Unter den letzteren verdienen vorzugsweise Java, Ternate und Banda genannt zu werden, wo jedoch die zahlreichen erloschenen Vulcane sich neben noch thätigen finden und daher von diesen nicht genau zu trennen sind. Auch Africa hat sicher viele Spuren früherer Katastrophen durch unterirdische Feuer aufzuweisen; es haben jedoch vorzugsweise nur die jetzt oder in der neuesten geschichtlichen Zeit noch thätigen Vulcane, namentlich auf Palma, Lancerote und St. Miguel, die Aufmerksamkeit der Beobachter erregt. America ist übersäet mit brennenden und erloschenen Vulcanen und selbst der hohe Kegel des Chimboraço wird als ein erloschener Vulcan betrachtet, der Nevado de Toluca (Schneeberg von Toluca), welcher mit seiner Spitze in die Schneeregion reicht, ist nach v. Humboldt[4] ein erloschener Vulcan, und in der einzigen Provinz Guatimala hat dieser berühmte Geognost nebst Arago[5] nicht weniger als einundzwanzig erloschene Vulcane namhaft gemacht.

Man hat verschiedentlich einen Zusammenhang der brennenden sowohl als der erloschenen Vulcane nach Meridianen und Parallelen wahrnehmen wollen[6], allein bei der grofsen Menge und der allgemeinen Verbreitung der Producte feuriger Kräfte befindet sich kaum irgendwo eine bedeutend ausgedehnte Länderstrecke, wo nicht Basalte, Trachyte und sonstige durch Feuer erzeugte oder umgewandelte Felsarten angetroffen werden. Will man hiernach einige Hauptpuncte auf die an-

---

1 Ali-Bey's Reisen. Weim. 1816. S. 457.

2 Kinneir Geogr. Mem. p. 155. Parrot Reise zum Ararat. Berl. 1824. Th. I. S. 178.

3 Vergl. Férussac Bullet. des Sc. géol. 1829. N. IV. p. 48.

4 Essay pol. ed. 8. T. I. p. 188. Vergl. Karsten's Archiv. T. XIV. p. 93.

5 Annuaire du Bureau des Long. 1824. p. 175.

6 Sickler Ideen zu einem vulcanischen Erdglobus. Weim. 1817.

gegebene Weise vereinigen, so kann es nicht schwer fallen, Thatsachen in hinlänglicher Menge aufzufinden, die sich einem solchen willkürlichen Systeme fügen, was sich jedoch im Ganzen nicht consequent durchführen läſst. Ebenso wenig ist begründet, daſs sich in Mitten groſser Gruppen ausgebrannter Vulcane stets ein noch thätiger finde, wie namentlich die erwähnten Beispiele der rheinischen, der im südlichen Frankreich und in Spanien beweisen, dagegen läſst sich nicht verkennen, daſs sowohl die erloschenen, als auch die noch thätigen Vulcane nur selten isolirt stehn, sondern meistens in zahlreichen Gruppen vereinigt sind, worüber später noch weiter die Rede seyn wird.

b) Noch thätige Vulcane.

Es ist bereits erwähnt worden, daſs es schwer sey, eine scharfe Grenze zwischen erloschenen und thätigen Vulcanen zu *ziehn*, weil manche selbst Jahrhunderte lang zu *ruhn scheinen* und dennoch plötzlich wieder zu toben beginnen. Auſserdem werden von den Reisenden nicht selten die von ihnen gesehenen Vulcane ohne nähere Bestimmung, ob sie thätige oder erloschene sind, erwähnt, manche solche Berge werden von den Beobachtern ruhend gesehn, ohne daſs zur Zeit gerade Rauch aus ihnen aufsteigt oder dieser wahrgenommen wird. Alle diese Hindernisse genauer Bestimmungen müssen wohl erwogen werden, wenn es sich um eine Aufzählung sämmtlicher, jetzt noch thätiger Vulcane handelt. Eben darum sind auch die hierüber bestehenden Angaben so auſserordentlich verschieden. Werner[1] setzte ihre Zahl auf 193 und ebenso viele giebt Reuss[2] an; nach v. Leonhard[3] beträgt sie 187, wovon 15 auf Europa, 62 auf Asien, 10 auf Africa, 94 auf America und 6 auf Australien kommen. Nach Arago[4] beträgt ihre Zahl 163, und hiervon giebt es

1 Biblioth. univ. T. I. p. 156.

2 Lehrbuch der Geognosie. Th. I. S. 395.

3 Propädeutik der Mineralogie u. s. w. S. 151.

4 Annals of Philos. 1824. April. p. 213. Aus dem Annuaire u. s. w. 1824.

Digitized by Google

in Europa	Continent	1	Inseln	11	Total	12
- Africa	—	0	—	6	—	6
- America	—	58	—	3	—	61
- Asien	—	8	—	24	—	32
- Ocean	—	0	—	52	—	52
Summe	—	67	—	96	—	163

Ausgemacht ist, daſs eine weit gröſsere Zahl herauskommt, wenn man bloſs nach Namen sucht; allein sicher kommen mitunter dieselben Berge unter verschiedenen Benennungen vor, nicht zu rechnen, daſs manche genannte wirklich nicht mehr thätig sind. Ebenso wenig aber läſst sich verkennen, daſs gewiſs viele Vulcane auf kleineren Inseln in den groſsen Oceanen bisher nicht gesehn, nicht beachtet oder nicht bekannt gemacht wurden. Mit Rücksicht auf diese Beschränkung läſst sich folgende Uebersicht der noch jetzt thätigen bekannten Vulcane aufstellen.

I. Europa.

Der *Vesuv*[1], als einziger noch brennender Vulcan auf dem europäischen Continente, ist wohl unter allen der bekannteste und am meisten beobachtet. Obgleich der Berg selbst und die Umgegend sichtbare Spuren früherer Eruptionen zeigt und die dortigen, jetzt verschütteten, altrömischen Ortschaften aus vulcanischen Felsarten und über eben solchen erbaut sind, so schien doch der Berg in seiner üppigen Vegetation völlig zu ruhn, als im Jahre 79 n. Chr. ein plötzlicher Ausbruch desselben erfolgte, welcher die Städte Herculanum, Pompeji und Stabiä nebst vielen einzelnen Häusern und Villen unter Asche und Lavaströmen begrub[2]. Seitdem scheint er ohne merkliche Unterbrechung nie aufgehört zu haben, mindestens Rauch auszustoſsen, oft aber hat er furchtbar getobt, wie in den Jahren 512, 1631, 1737, 1760, 1779, hauptsächlich 1794, 1804, 1816, 1819, 1822, 1828, 1834, und eben jetzt

1 Vergl. v. Przystanowski über den Ursprung der Vulcane in Italien. 1822. 8. Sehr ausführlich handelt über die vulcanische Gruppe beider Sicilien Bylandt Palstercamp in: Théorie des Volcans. T. III.

2 Plinius Ep. VI. 16. 20. Im Jahre 1738 kaufte König Carl den Platz und lieſs die Ausgrabungen beginnen.

Digitized by Google

(im Anfange des Jahres 1839) geben öffentliche Blätter Nachricht von einem groſsartigen Auswurfe von Rauch, Asche, Steinen und Lavaströmen. Am bekanntesten und durch Hamilton[1] nach eigener Ansicht am genauesten beschrieben ist der Ausbruch von 1794. Diesem gingen einige heftige Erdstöſse voraus und das starke Sinken des Wassers in den Brunnen der Umgegend, so daſs die Seile verlängert werden muſsten, verkündigte in voraus die bevorstehende Katastrophe. Die aufsteigende Rauchwolke war nach Hamilton so groſs, daſs der Berg unter derselben einem Maulwurfshaufen glich, und man schätzte ihre Höhe auf 1,25 engl. Meile; sie wurde, wie auch noch jüngsthin beobachtet worden ist, von Blitzen und Feuerkugeln durchfurcht (die man neuerdings fälschlich Sternschnuppen genannt hat), und aus der unermeſslichen Menge des aufgestiegenen Wasserdampfes bildeten sich Gewitter, deren eins in St. Jorio am Fuſse des Berges einschlug. Unter der feinen Asche, die durch den Wind wie eine ungeheure Rauchwolke fortgetrieben wurde, brachen in Somma 70 Dächer und viele Bäume, auch wurde sie, so wie eine groſse Menge des erzeugten Wasserdampfes, auf 250 ital. Meilen weit bis Tarent fortgetrieben, wo sich gleichfalls noch ein Gewitter bildete. Der gröſste Lavastrom, welcher Torre del

---

1 Phil. Trans. 1795. p. 73. Im Auszuge in G. V. 408. Vergl. Memoria sull' Eruzione del Vesuvio accaduta la sera del 15. Giugno 1794. Di Scipione Breislak e d'Antonio Winspeare. Nap. 1794. 8. M. A. d'Onofrio ausführlicher Bericht u. s. w. Dresd. 1795. 4. Lichtenberg Mag. Th. I. S. 114. G. V. 408. u. v. a. Aeltere Beschreibungen findet man in Paragallo Istoria naturale del Monte Vesuvio. Nap. 1705. 4. Istoria dell' Incendio del Vesuvio del 1737. Da Francesco Serao. Du Perron de Castero Histoire du Mont Vesuve. Trad. de l'Ital. Paris 1741. P. della Torre Storia e fenomeni del Vesuvio. Nap. 1755. 4. Franz. Ueb. Naples 1776. 8. Deutsche von Lentin. Altenb. 1783. 8. F. Knoll Wunder der feuerspeienden Berge. Erf. 1784. 8. Vermischte Beiträge zur physikalischen Erdbeschreibung. Brand. 1774. 8. Th. I. Beschreibung des Ausbruches von 1779 von Duchanoy in Journ. de Phys. 1780. Uebers. in Leipz. Samml. zur Phys. u. Naturg. Th. II. S. 541. Mercati Raconto istorico-filosofico del Vesuvio. Nap. 1753. 4. Gaetano de Bottis Ragionamento istorico dell' Incendio del Vesuvio. Nap. 1768. 4. und 1779. 4. Catani Lettera critica filosofica sulla Vesuviana eruzione accaduta nell' anno 1767. Catania 1768. Phil. Trans. 1730. N. 424. 1733. u. 1737. N. 455. 1751. Th. XLVII. XLIX. LII. u. s. w.

Greco zerstörte, war bei dieser Stadt 40 Fuſs hoch, eine engl. Meile breit, und ergoſs sich 1204 Fuſs breit bis 625 Fuſs weit ins Meer, bildete ein neues Vorgebirge und war nach zwei Tagen noch so heiſs, daſs das Seewasser ins Sieden kam und das Pech an den Schiffen in 300 Fuſs Entfernung schmolz. Merkwürdig dabei war, daſs von den 18000 Einwohnern der zerstörten Stadt nur 15 das Leben verloren, obgleich viele erst am folgenden Tage über die im Innern noch rothglühende Lava aus den oberen Stockwerken gerettet wurden und die Weiber verbrennliche Sachen, sogar Schieſspulver über diese forttrugen. In einem durch den Lavastrom ganz überschwemmten Kloster kannten die Nonnen die drohende Gefahr so wenig, daſs sie aus ihren Zellen die Hände ausstreckten und sich an der Farbe und Wärme der Lava ergötzten, bis sie mit groſser Mühe dem unvermeidlichen Untergange entzogen wurden. Ein späterer Ausbruch 1805 zeichnete sich vorzüglich durch die enorme Menge der ausgeworfenen Asche aus[1], die auch im Jahre 1822 so groſs war, daſs sie sich an einigen Stellen bis 6 Fuſs Höhe anhäufte[2]. Bei diesem letztern Ausbruche, bemerkt v. Leonhard[3], wurde unter andern eine groſse Masse ausgeschleudert, die nach Laugier vorherrschend aus salzsaurem Natron bestand, auſserdem aber salzsaures Kali, schwefelsauren Kalk, schwefelsaures Natron, Kiesel, Thon, Kalk und Eisenoxyd enthielt. Ferner warf der Krater kleine Stücke von Leucit-Augit-Lava aus, die stellenweise vollkommen in glasigen Obsidian umgewandelt waren[4].

Der Vesuv steht als vulcanischer Kegel von 2200 Fuſs

1 Journ. de Phys. T. LXI. p. 225.

2 Storia dei fenomeni del Vesuvio avvenuti negli anni 1821, 1822 e parte del 1823 con osservazioni e sperimenti di T. Monticelli e N. Covelli cet. Napoli, Febbraio 1823. 4., übers. von Nöggerath u. Pauls. Elberf. 1824. 8.

3 Grundzüge der Geologie u. Geognosie. Heidelb. 1831. 8. p. 39.

4 Der vorletzte Ausbruch im J. 1834 ist im Einzelnen genau beschrieben durch Monticelli, s. Daubeny in Phil. Trans. 1835. p. 153., der Ausbruch von 1828, welcher auf die fast ununterbrochene Ruhe seit 1822 folgte, durch Donati in Journ. of the Roy. Inst. N. II. p. 296. Ueber den Ausbruch von 1832 und die dabei erzeugten Producte s. Biblioth. univ. 1833. p. 350.

Digitized by Google

Höhe auf einer Ebene[1], die nach der neueren Anſicht der Geognoſten, wie er ſelbſt, durch unterirdiſche Kräfte gehoben zu ſeyn ſcheint, auſser ſofern er ſeine Bildung dem Ueberflieſsen und den Anhäufungen der Laven und ſonſtiger vulcaniſcher Felsarten verdankt. Das Ganze beſteht aus zwei Hälften, dem eigentlichen *Veſuv* und dem *Monte di Somma*, welcher letztere Berg als ein Theil der Wand des Kraters vor dem furchtbaren Ausbruche im J. 79 betrachtet wird[2]. Im Jahre 1776 beſtimmte Shukburgh die Höhe zu 3692 Fuſs, de Saussure 1773 zu 3654 Fuſs, v. Humboldt, L. v. Buch und Gay-Lussac fanden 1805 den nördlichen Bergrand noch genau ſo, wie de Saussure, den ſüdlichen aber 426 F. niedriger; auch ſoll er bei dem Ausbruche 1794 durch den einſtürzenden Gipfel um 188 Fuſs niedriger geworden ſeyn. Bei jedem heſtigen Ausbruche, daher auch bei dem neueſten, wird die Höhe der verſchiedenen Seiten der Kraterwandungen theils vermehrt, theils vermindert, ſo daſs hiernach der Unterſchied der Höhen der verſchiedenen Seiten und die abſolute Höhe der höchſten Spitzen nicht mit völliger Schärfe beſtimmbar ſind[3]. Die Weite des Kraters wird zu 1620 Fuſs angegeben, inzwiſchen beſteht die ganze obere Mündung den zahlreichen Beſchreibungen[4] nach, die ganz oder ſelbſt nur im Auszuge hier aufzunehmen nicht zweckmäſsig ſeyn würde, aus verſchiedenen Anhäufungen von Lava, Aſche und Steinen, aufſtehenden Zacken und ſchroffen Spitzen mit mehreren zum Theil ſehr tiefen Schlünden, aus deren einigen ſtets Rauch und erſtickende Gasarten aufſteigen, während andere durch die emporgehobenen vulcaniſchen Erzeugniſſe verſtopſt ſind.

Mit dem Veſuv ſcheint die *Solfatara* von *Puzzuoli* in Verbindung zu ſtehn, wovon ſchon im Homer die Rede iſt und die den Alten unter den Namen *Forum Vulcani*, *Colles*

---

1 V. Humboldt fand 1822 durch barometriſche Meſsung, daſs die Spitze del Palo 1341 Fuſs über der Ebene erhaben iſt, wo die Reiſenden ihre Pferde laſſen. S. Journ. of the Roy. Inst. N. II. p. 236.

2 Vergl. J. M. de la Torre Geſchichte der Naturbegebenheiten des Veſuvs. Altenb. 1783. mit K. Edinb. Journ. of Sc. N. XVIII. p. 190.

3 Vergl. Earl of Minto in Edinb. Journ. of Sc. N. XIII. p. 68.

4 Vergl. Edinb. Journ. of Sc. XIII. p. 11.

Digitized by Google

leucogaei bekannt war, ein etwas erhöhtes Feld von etwa 1400 Fuſs Länge und 900 F. Breite, mit weiſser, lockerer Erde bedeckt[1], aus welcher stets Schwefel sublimirt wird, den man schon zur Zeit der Römer aus dem Boden und den Wandungen sammelte[2]. Wenn der Vesuv ruht, so steigt der Schwefel mit Rauch aus der Solfatara empor, aber dieses hört auf, wenn jener Vulcan tobt. Der See *Agnano* scheint ein erloschner Krater zu seyn, der benachbarte Berg *Asturi* und der *Monte Pausilippo* haben ganz das Ansehn vulcanischer Berge. Der *Monte Nuovo*, ein Berg von 2000 Fuſs Höhe, entstand durch einen vulcanischen Ausbruch am 29. September 1538 mitten im Lucrinischen See, und der benachbarte *Monte Barbaro* oder *Gauro* hat ganz das Ansehn eines Vulcans. Der trachytische Berg *Monte Epomeo* auf der Insel Ischia, 2365 Fuſs hoch, hatte nach Julius Obsequens einen Ausbruch 91 Jahre v. C. G., wobei der mächtige Lavastrom, *Arso* genannt, ergossen wurde[3]. Nach v. Leonhard ist dieser, ungeachtet seiner jetzigen Ruhe, dennoch der Hauptsitz der dortigen vulcanischen Gruppe, denn im J. 1828 schien das heftige Getöse bei dem Erdbeben auf jener Insel aus den Tiefen desselben hervorzugehn. Die liparischen Inseln *Lipari, Salina, Felicuda, Stromboli, Volcano* u. a. sind eine Gruppe vulcanischer Kegel, unter denen der Stromboli von 2520 F. Höhe der Hauptvulcan dieser Gruppe zu seyn scheint[4], da seine Gasexhalationen nie aufhören. Die Insel Volcano gleicht einem vulcanischen Krater von 2400 F. Höhe, dessen Ausbrüche in den Jahren 1444, 1693, 1731, 1739, 1747 und 1771 am bekanntesten sind. Ein Theil der Insel, *Vol-*

---

1 Fougeroux de Bondaroy in Mém. de Paris. 1765. Uebers. in Mineral. Belust. Leipz. 1770. Th. V. S. 330.

2 Plinius H. N. L. XXXV. c. 15. Vergl. Ferber Briefe aus Wälschland an H. v. Born. Prag 1773.

3 Die Insel Ischia wurde in den Zeiten der Römerherrschaft etliche Male wegen vulcanischer Zerstörungen von ihren Bewohnern verlassen. Einen furchtbaren vulcanischen Ausbruch auf derselben erwähnen Strabo Geogr. V. 247. und Plinius H. N. XII. 88. Vergl. Forbes in Edinb. Journ. of Sc. N. IV. p. 326.

4 S. Dolomieu's Reise nach den liparischen Inseln. Ueb. von Lichtenberg. Leipz. 1783. Vergl. de Luc Briefe über die Geschichte der Erde. Th. I. Br. XLIX.

Digitized by Google

canello genannt, war früher abgesondert, hängt aber jetzt durch aufgehäufte Lava mit dem Ganzen zusammen [1].

Der *Aetna* oder *Monte Gibello*, der gröſste unter den europäischen Feuerbergen, war schon den Griechen bekannt [2], und sie setzten daher die Werkstatt des Feuergottes, eine unermeſslich groſse Schmiede, auf diese Insel. Die alten Schriftsteller erwähnen verschiedene Ausbrüche desselben, die Kircher [3] gesammelt hat, am bekanntesten aber ist das Zeugniſs Virgil's, welcher sagt:

> Vidimus undantem ruptis fornacibus Aetnam
> Flammarumque globos liquefactaque volvere saxa.

Es werden 9 Ausbrüche desselben vor Christo genannt, unter denen die von 477 und 121 am stärksten waren. Während der christlichen Zeitrechnung hat er oft und mitunter sehr verheerend getobt, unter andern 1160, 1169, 1284, 1329, 1408, 1444, 1536, 1537, 1556 und 1669, wobei nach Recupero 11750 Millionen Kubikfuſs vulcanischer Producte ausgeworfen worden seyn sollen; ferner 1693, wobei 16 Städte und 18 Landgüter verschüttet wurden und die Zahl der verunglückten Menschen sich auf 93000 belief [5]. Die späteren Ausbrüche waren 1747, 1755, 1766, 1769, 1775, wobei eine groſse Menge Wasser ausgeworfen wurde, ferner 1780 und 1787, als die aus seinem Krater emporgehobene feine Asche bis Malta flog [6]; im Jahre 1799, 1802, 1805, 1809, 1811 und 1812 tobte er gleichfalls, worauf nach achtjähriger Ruhe der stärkere Ausbruch von 1819 erfolgte, wobei Schouw [7] zwei Tage nach

---

1 S. Ferrara a. a. O. Ein Hauptwerk ist Sir William Hamilton Campi Phlegraei or observations on the Volcanos of the two Sicilies. Napoli 1776. II T. fol.

2 Ueber die älteste Geschichte desselben s. G. Alessi in Atti dell' Accademia Gioenia di Scienze naturali. Catania 1829. N. III.

3 Mundus subterr. T. I.

4 Georg. L. I. v. 472. Aen. L. III. v. 571.

5 Philos. Trans. N. 48, 51, 202, 207.

6 Mirone in Novelle literar. di Firenze. S. Goth. Mag. Th. V. St. 4. S. 9. Dolomieu Mém. sur les îles ponces, et catalogue raisonné des produits de l'Aetna, suivis de l'éruption de l'Etna en 1787. Par. 1788. 8.

7 Hausmann in Götting. Wochenblatt 1819. S. 69. V. Leonhard Taschenbuch für Mineralogie Th. XIV. S. 506.

dem Beginne einen oben 60, unten 1200 Fuſs breiten Lavastrom beobachtete, welcher in zwei Tagen $\frac{4}{5}$ deutsche Meile zurückgelegt hatte, oben aber eine feurige Cascade von 500 bis 600 Fuſs bildete. Die sich erhebende Säule von Rauch und Asche hatte mindestens 1000 Fuſs Höhe. Im Jahre 1832 fand gleichfalls ein Ausbruch desselben statt, welchen Gemmellaro[1] beschrieben hat.

Der Aetna ist vielfach beschrieben worden, unter andern von Hamilton[2], Brydone[3] und Simond[4], wobei auf die Geschichte seiner früheren Ausbrüche Rücksicht genommen wird, eine wissenschaftliche Untersuchung des Berges selbst aber, seiner geognostischen Beschaffenheit und der von ihm ausgeworfenen Laven hat Elie de Beaumont geliefert[5]. Spallanzani giebt die Höhe desselben zu 11400 Par. Fuſs an, Brydone zu 10630, de Saussure, Shuckburgh und Needham geben nur zwischen 10032 und 10281 Par. Fuſs an[6], so daſs sein Gipfel hiernach in die Schneeregion reicht. Auſser seinem groſsen Krater trifft man an seinen Seiten noch gegen 40 kleinere Kegel, aus denen sich zu verschiedenen Zeiten Lava ergossen hat, und Brydone glaubt nach den durch Recupero ihm mitgetheilten Beobachtungen über die verschiedenen, zum Theil verwitterten und mit Dammerde wechselnden Lavaschichten schlieſsen zu dürfen, daſs das Alter desselben 14000 Jahre betrage, was jedoch auf unsicheren Bestimmungen der Zeit beruht, welche die verschiedenen Lavaarten zu ihrem Verwittern bedürfen; Simond aber macht die allerdings zu beachtende Bemerkung, daſs von 41 durch ihn zusammengestellten Eruptionen 15 in die Monate Februar und März fallen, und glaubt, daſs der dann schmelzende und in das Innere des Berges dringende Schnee die Eruptionen veranlassen oder befördern könne, vorzüglich da die häufigsten Regen dort in den Januar fallen und der Berg zugleich sehr arm an Quellen ist. Im oberen groſsen Krater erhält sich der

---

1 V. Leonhard und Bronn Jahrbuch. 1833. S. 641.

2 Philos. Trans. T. LXI. P. I.

3 A Tour through Sicily and Maltha. Lond. 1773. 8. Deutsch Leipz. 1774. 2 Th. 8.

4 Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 310.

5 Ann. des Mines 1835. 1836.

6 Vergl. Hausmann a. a. O.

Schnee das ganze Jahr hindurch, die Ausbrüche geschehn aber aus tieſer liegenden kleineren Oeffnungen, die bei jedem Ausbruche neu zu entstehn pflegen[1].

Eine ausgezeichnet groſse Gruppe von Vulcanen bietet die Insel Island[2] dar, welche eigentlich als ein einziger groſser Vulcan mit einer Menge von Kratern betrachtet werden kann. Man zählt auf derselben 29 gröſsere und kleinere, unter denen der *Hecla*[3] am meisten bekannt ist und früher auch der furchtbarste war, statt daſs er gegenwärtig mehr ruht. Vor dem Jahre 1004 ist nicht bekannt, daſs der Berg sich als Vulcan gezeigt habe, seit der Zeit aber zählt man 23 Ausbrüche, unter denen die von 1104, 1105, 1157, 1300, 1554, 1636, 1693, 1728 und nach langer Ruhe die von 1766 und 1772 die stärksten waren. Der *Krabla* tobte hauptsächlich im J. 1724 und 1730, seit welcher Zeit er ruhig ist. Nicht weit von ihm liegt der *Leihrnukr*, dessen erster bekannter Ausbruch im J. 1725 statt fand. Mitten *in Eisfeldern* erhebt sich die Spitze des *Kötlugia* (Kötligia, Katlegiaa), welcher 894 zuerst und nachher bis 1755 noch fünfmal tobte. Bei diesem letzten Ausbruche wurden unermeſsliche Massen zersprengter Eisberge ins Meer geschleudert, auch tobte er furchtbar noch 1823. In seiner Nähe liegen die Krater des *Klose-Jökul* und des *Skeidera-Jökul*, welcher 1753 und 1783 groſse Verheerungen anrichtete. Der *Sida-Jökul* liegt gleichfalls zwischen Eisfeldern und tobte vorzüglich 1753. Vom *Oeräfa-Jökul* (Eyrafa-Jökul), dessen Höhe 5561 Fuſs beträgt, und dem benachbarten *Sollheima-Jökul* sind starke Ausbrüche in den Jahren 1332, 1720, 1727 bekannt, in welchem letzteren Jahre mitten im Eise sich ein neuer vulcani-

1 Vergl. Ferrara Descrizione dell' Etna cet. Palermo 1818. 8.

2 Horrebow zuverlässige Nachrichten von Island. Aus d. Dän. Leipz. 1753. Nouvelle Descript. phys. cet. de l'Islande. Par. II T. 8. Uno v. Troil's, Henderson's u. a. Reisen.

3 Mackenzie Reise durch die Insel Island. Weim. 1815. S. 314. giebt an, daſs der Hecla bis dahin 22 Ausbrüche gezeigt habe, unter denen die von 1004, 1137, 1222, 1300, 1341, 1362, 1389, 1558, 1619, 1636, 1693, 1767, 1768 die bedeutendsten waren. Vergl. Olafsen's und Povelsen's Reise durch Island. Kopenhagen u. Leipzig 1774. 4.

Digitized by Google

scher Krater erhob[1]; vom *Skaptar-Jökul* kennt man aber bloſs den Ausbruch im J. 1783, welcher 6 Wochen dauerte und eine ungeheure Masse Lava lieferte. Die beiden Vulcane *Biarnarflag* und *Hitahol* waren noch im vorigen Jahrhundert thätig, der *Eyafiäl-Jökul* (Oefiels-Jökul) tobte 1612, war seit 1621 ruhig, aber im December 1821 erfolgte wieder ein Ausbruch von groſser Heftigkeit, welcher bis ins Jahr 1822 fortdauerte und wobei groſse Felsmassen bis zu meilenweiter Entfernung fortgeschleudert wurden[2]. Der *Wester-Jökul* ist hauptsächlich durch seinen letzten Ausbruch 1823 bekannt[3]. Auſserdem giebt es auf dieser Insel noch eine Menge vulcanische Kegel, deren verschiedene unter die erloschenen zu rechnen seyn würden, müſste man nicht bei dem durchweg vulcanischen Boden jederzeit wieder neue Ausbrüche erwarten. Solche sind namentlich der *Myrdal*, *Torfa*, *Arnarfel*, *Eirik*, *Bald*, *Blaufel*, *Geitland*, *Snäfel*, *Draanga-Jökul*, *Hraftinnufiäll*, *Hrossaburg*, *Herdabreid*, *Sniafiäll*, *Trolla-Dyngiar*, *Kerlingafiäll*, *Skiatldbreid*, *Skarsheidi* und *Heglafiäll*. Bei *Cap Reikianeſs* liegt sogar ein Vulcan unter dem Meere, welcher noch vor wenigen Jahren Feuer und vulcanische Massen auswarf, auch bietet Island das merkwürdige Phänomen dar, daſs sich auf den Ebenen bedeutende vulcanische Ausbrüche zeigen, z. B. die Ebene *Hithoël*, *Biarnarflag* (mit einem Vulcan gleiches Namens) und *Horsedal-Hraun*[4]. Mackenzie[5] giebt ausführliche Nachrichten von den Erdbeben auf Island, wovon die ältesten seit dem Jahre 900 nach Chr. G. bekannt sind. Werden die stärksten Ausbrüche der vorzüglichsten Vulcane bis zum Anfange dieses Jahrhunderts zusammengestellt, so tobte

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 418.

2 Annals of Philos. 1822. June p. 402. Edinburgh Philos. Journ. N. XIII. p. 155.

3 Ebend. 1824. Apr. p. 203.

4 Ueber die isländischen Vulcane s. Henderson Island Th. I. u. II. a. v. O. Garlieb Island u. s. w. Freiberg 1819. V. Strombeck Anmerk. zu Breislak. Th. III. S. 523.

5 Reise durch Island. Weim. 1815. S. 314.

der Hecla	seit	d. J.	1004	im Ganzen	22 Mal
— Katlegiaa	—	—	900	—	7 —
— Krabla	—	—	1724	—	4 —
die Gegend					
Suldbringe-Syssel	—	—	1000	—	3 —
in der See	—	—	1583	—	2 —
im See Grimsvatn	—	—	1716	—	1 —
der Eyafiäl	—	—	1717	—	1 —
— Eyrafa	—	—	1720	—	1 —
— Skaptar	—	—	1783	—	1 —

Dieses giebt im Ganzen 42 Ausbrüche, wobei aber mehrere übergangen worden sind, wie aus dem Vorhergehenden ersehn wird; interessant ist aber die von Mackenzie gegebene chronologische Zusammenstellung der vorzüglichsten isländischen Eruptionen mit Rücksicht auf die gleichzeitigen des Aetna und Vesuv. Dieselben ereigneten sich in den Jahren *nach Chr. G.* 900; 1000; 1004; 1137; 1222; 1300; *1340*; *1341*; 1362; 1389; 1422; 1538 zugleich mit Vesuv; 1554 zugleich mit Aetna; 1583; 1619; 1636; 1693 (Vesuv 1692, Aetna 1694); 1716; 1717 zugleich mit Vesuv; 1720; 1724; 1728; 1730 zugleich mit Vesuv; 1754 zugleich mit Vesuv; 1755 zugleich mit Aetna; 1756; 1766 zugleich mit Aetna und Vesuv; 1771; 1772; 1783 zugleich mit Vesuv.

Nördlicher als Island ist nur noch ein Vulcan bekannt, der *Esk* auf der Insel Mayen bei Grönland, welchen Scoresby[1] im Jahre 1817 rauchen sah. Der Berg hat ungefähr 1500 Fuſs Höhe, historische Angaben über seine Ausbrüche können aber nicht vorhanden seyn.

Im südöstlichen Theile Europa's deuten wiederholte Erderschütterungen auf eine noch fortdauernde unterirdische vulcanische Thätigkeit, ohne daſs noch eigentliche brennende Vulcane vorhanden sind. Vom *Varenius* in Albanien wird erzählt, daſs er noch im J. 1269 einen groſsen Theil von Durazzo verheert habe[2], und die Inseln *Milo* und *Santorin* sind ganz vulcanisch, vorzugsweise der Berg Calamo. Auf

1 Journ. de Phys. 1818. Fevr. Account of the Arctic Regions. T. I. p. 334.

2 Lebeau Histoire du Bas-Empire. L. XXII. p. 324.

Digitized by Google

der letzteren Insel fand noch im J. 1707 ein vulcanischer Ausbruch statt[1].

II. Asien und die benachbarten Inseln.

Der Berg *Gorantes* in Lycien, die Chimära der Alten, soll nach einigen Nachrichten noch jetzt rauchen, die Fabeln von den Flammen der Chimära deuten auf beobachtetes Brennen, auch behauptet Beaufort[2], in der Nähe dieses Berges bei der Stadt Deliktasch den von den Alten erwähnten ähnliche Feuer gesehn zu haben. Auf dem asiatischen Festlande giebt es viele Vulcane, ohne daſs sich jedoch mit Genauigkeit bestimmen läſst, welche von ihnen unter die noch thätigen zu rechnen sind. So deuten die vielen und starken Erdbeben in Syrien auf ein noch fortdauerndes unterirdisches Brennen; in Persien hat der *Elbrus* (15360 Fuſs hoch) ganz die Gestalt eines Vulcans, wie denn auch die Küsten des persischen Meerbusens eine Menge vulcanischer Producte zeigen. Sehr interessante Angaben über die Bergsysteme Asiens, den Zusammenhang der Ketten, ihre Hebung über die Oberfläche und die unverkennbaren Spuren vulcanischer Thätigkeiten, welche diese bewirkten, hat v. Humboldt[3] mitgetheilt, es ist aber schwierig, beim Aufsuchen der einzelnen Vulcane die Angaben der Beobachter genau zu würdigen, weil so leicht die nämlichen Berge unter verschiedenen Namen vorkommen können. Auf der höchsten Spitze der gröſsten asiatischen Gebirgskette, auf dem *Himalaya* selbst, hat man einen noch thätigen Vulcan entdeckt[4], welcher stets raucht und zuweilen auch feurig-flüssige Substanzen auswirft. Eine dicke, aus einer hohen, nördlich von Rungapanni liegenden Bergspitze aufstei-

---

1 Olivier's Reisen u. s. w. Th. I. S. 29. Ueber die Angabe, daſs diese Inseln aus dem Meere entstanden seyen, s. unten.

2 Dessen Caramania. p. 44.

3 Fragmente über Geologie und Klimatologie Asiens. Ueb. von J. Löwenberg. Berlin. 1832. a. v. O. z. B. S. 44. 52. 98. Ueber die Bergketten und Vulcane von Innerasien u. s. w. in Poggendorff's Ann. XVIII. 1. 319. Vergl. Journ. de Géolog. 1830. N. VI. p. 136. On the mountain-chains and Volcanoes of Central Asia, with a map, in Edinb. New Phil. Journ. N. XXII. p. 227. XXIII. p. 145.

4 Asiatic Journ. 1825. Juli — Oct. p. 437.

Digitized by Google

gende Rauchwolke ist anhaltend beobachtet worden[1], auch deuten die vielen Erdbeben dieser Gegend auf noch bestehende vulcanische Thätigkeiten, wenn gleich die obwaltenden Schwierigkeiten es unmöglich machen, die rauchenden Spitzen selbst zu erreichen[2]. Von diesem Puncte aus die Gebirgsketten verfolgend nennt v. Humboldt den *Aral-Tubé* im See Ala-gul als ehemaligen Feuerberg, als noch brennende Vulcane aber den *Pé-schan*, auch *Ho-schan* oder weiſsen Berg, auch *Agie*, Feuerberg genannt[3], unter 42° 30′ N. B. und ungefähr 81° w. L. v. G. zwischen Korgos und Kutshé, welcher auch Salmiak und Schwefel in Menge liefert. Bloſs im Winter, wenn der viele Schnee die Hitze mildert, können die Einwohner nackt in die Höhlungen des Berges gehn und den Salmiak sammeln, statt daſs in den übrigen Jahreszeiten Flammen aufsteigen, durch welche die Höhlungen bei Nacht illuminirt zu seyn scheinen. Nach Cordier[4] ist der Berg jetzt nur eine Solfatara, allein er hat noch in geschichtlicher Zeit Lava ausgeworfen, und noch gegenwärtig steigen Flammen aus ihm auf. Merkwürdig wird er insbesondere durch seine weite Entfernung vom Meere, da der Aralsee in 225 geogr. Meilen ihm am nächsten liegt. Oestlich von diesem Berge trifft man auſser einer Menge vulcanischer Producte auch ausgedehnte Solfataren, namentlich die von *Urumtsi*, wo Rauch und Flammen aufsteigen, wenn man einen Stein hinwirft. Südöstlich vom Pé-schan liegt der Vulcan von *Turfan* oder von *Hotscheu* (der Feuerstadt), aus welchem bei Tage stets Rauch aufsteigt, worin man aber Nachts Flammen gewahrt. Auch dieser Berg liefert Salmiak, bei dessen Sammeln hölzerne Schuhe der Hitze wegen erforderlich sind, und Salmiaklauge, aus welcher dieses Salz krystallisirt. Ungefähr 45 Meilen weiter nordwestlich liegt eine Solfatare am Flusse *Khobok*, wo das Gestein heiſs ist und Salmiakdämpfe ausgestoſsen werden. Die genannten vier Vulcane gehören dem Innern des asiatischen Festlandes an, so wie der bereits genannte Aral-tubé

1 Edinburgh Journ. of Science. N. VIII. p. 209.

2 Ebend. N. XIII. p. 55.

3 Nach Klaproth heiſst er jetzt *Khalar*. V. Humboldt a. a. O. S. 54. Vergl. Hertha Th. I. S. 216.

4 Journ. Asiat. T. V. p. 44. Ebend.

im See Ala-gul, ein gegenwärtig ruhender Vulcan, welcher aber noch in der geschichtlichen Zeit tobte[1].

Auſser diesen liegen im asiatischen Continente der gegenwärtig noch thätige *Demavend*, den man von Teheran aus sieht, und der *Seïban-Dagh* am See Wan. Weiter nordwestlich liegt der trachytische *Ararat* (16200 F. hoch) und östlich von diesem die Schlammvulcane und stets brennenden Feuer von *Baku*, wo noch in neuester Zeit feurige Ausbrüche statt fanden. In China giebt es nach Klaproth[2] keine eigentlichen noch thätigen Vulcave, wohl aber gehören die dortigen Feuerbrunnen und die leuchtenden Berge als verwandte Erscheinungen zu dieser Classe; dagegen beginnt eine vulcanische Gebirgskette am südlichsten beim Cap Formosa und erstreckt sich in nördlicher Richtung bis Kamtschatka[3]. Ungeachtet der mangelhaften Kenntniſs jener Gegenden weiſs man, daſs ein Berg auf der Schwefelinsel *Lung-huang-schan* im N. O. der groſsen Insel Lieu-khieu unter 27° 50′ N. B. und 127° 45′ östl. L. v. G. stets eine Menge Rauch und Schwefeldämpfe ausstöſst, weswegen man sich zuweilen der Insel nicht nähern kann, wenn der Wind von ihr her entgegenkommt. Auf der Insel Kiu-siu in dem zur Provinz Fisen gehörigen Bezirke Takaku, westlich vom Hafen Simabara, liegt der *Un-sen-ga-daké*, welcher stets schwarzen Schlamm und Rauch ausstöſst und dessen Gipfel im J. 1793 einstürzte. Bald nachher hatte der eine halbe französ. Meile davon entfernte *Biwono-kubi* eine Eruption, wobei die ausströmende Lava die Umgegend in Flammen setzte, und nach einigen Erdbeben folgte endlich ein fürchterlicher Ausbruch des *Miyi-yama*. Im Districte *Aso* im Innern von Figo liegt der *Aso-no-yama*, aus welchem stets Flammen aufsteigen, *Satsuma* aber, die südlichste Provinz von Kiu-siu, ist ganz vulcanisch. Im Jahre 764 stiegen in dieser Gegend drei Inseln aus dem Meere empor, die jetzt bewohnt sind, noch weiter südlich aber liegt

1 Wenig abweichende Angaben über diese, hauptsächlich Salmiak liefernden Vulcane in Central-Asien finden sich in Hylander's Ausgabe von Ibn-el-Wardi. Lund 1823. Vergl. Férussac Bull. Géol. 1825. Janv. Ann. des Mines. T. V. p. 135. 157. 377.

2 V. Humboldt a. a. O. S. 89. Ann. de Chim. et Phys. T. XLV. p. 348. Poggendorff's Ann. XXI. 331.

3 Vergl. Kämpfer's Geschichte und Beschreibung von Japan. I. S. 121. Klaproth in Hertha Jahrg. 1825. Th. II. S. 274.

Digitized by Google

die Schwefelinsel *Iwo-sima*, welche stets brennt. Als merkwürdigstes vulcanisches Phänomen verdient die im J. 285 vor Chr. G. statt gefundene Einsinkung erwähnt zu werden, durch welche der See Biwa-no-umi auf der Insel Nifon entstand, worauf in demselben Monate in der Provinz Suruga der höchste Berg *Fusi-no-yama* in Japan emporgehoben wurde. Auch im J. 82 v. Chr. G. erhob sich aus dem See Mitsu-umi die groſse Insel *Tsiku-bo-sima*, die noch jetzt vorhanden ist. Der genannte Vulcan Fusi-no-yama reicht bis in die Schneegrenze und ist der thätigste in Japan, welcher im J. 799, 800, 863 und 864 von heftigen Erdbeben begleitet tobte; auch 1707 fand ein heftiger Ausbruch statt, wobei die Asche weit fortgetrieben und an einigen Orten 6 Fuſs hoch aufgehäuft wurde. Aus einem Berge mitten auf der Insel *Osima* sah der englische Capitain Broughton im J. 1797 Rauch aufsteigen. Von hier aus erstreckt sich eine Reihe vulcanischer Berge südlich bis zum 22sten Grade nördl. B. zwischen dem 139. und 141. Grade östl. L. v. G., wozu die Inseln *Fantasio*, *Munin-sima* oder *Bonin-sima*, die *Bischofsinsel* und die Vulcane mit der *Schwefelinsel* gehören. Weiter nördlich vom See Mitsu-umi in der Nähe des Sees Jetsisen liegt der Vulcan *Sira-yama* (weiſse Berg) oder *Kosi-no-Sira-yama* (der weiſse Berg des Landes Kosi), welcher in die Schneegrenze reicht und im J. 1239, auch 1554 schrecklich tobte. In der Mitte der Insel Nifon, nordöstlich von der Stadt Komoro, liegt ein groſser Vulcan *Asama-yama* oder *Asama-no-daké*, welcher stets raucht und neuerdings 1783 durch seinen Ausbruch mit starkem Erdbeben schreckliche Verheerungen anrichtete. Der nördlichste Vulcan in Japan ist der *Yaké-yama* (der brennende Berg) in der Provinz Mouts oder Oosiu, südlich von der Meerenge Sangar, und westlich von diesem der Vulcan der Insel *Koo-si-ma*[1] und mehrere, die Flammen aus-

1 Tilesius bemerkt, daſs die beiden Inseln Koosima und Oosima, deren Vulcane sich bis zu 900 Fuſs Höhe erheben, nur 6 Meilen von einander liegen, und dennoch war das Meer zwischen ihnen auf 100 Faden Tiefe nicht zu ergründen. S. Journ. de Phys. T. XCI. p. 112. Edinburgh Phil. Journ. N. VI. p. 349. Tilesius hält den Vulcan auf Coosima unter 41° nördl. B., 120° 14′ östl. L. v. G. für den kleinsten in der Welt, denn er ist nur etwa 150 engl. Fuſs hoch, allein ein später zu erwähnender in America ist noch kleiner. S. Mém. de Petersb. T. X. N. 20.

Digitized by Google

stoſsen, auf *Jesso*, von denen drei die Bai Utschi-ura, nach Broughton die Vulcanbai, umgeben, der *Utschi-ura-yama* im Süden, der erhabenste, *Usu-ga-daké*, im Norden und der *Oo-usu-yama* im Westen. Nordöstlich erhebt sich der Vulcan *Yu-uberi* oder *Ghin-zan* (Goldberg), wahrscheinlich der nämliche, welchen v. Krusenstern den Vulcan von Jesso nennt.

Diese Reihe von Vulcanen erstreckt sich bis nach Kamtschatka, wo sich nicht weniger als vierzehn Feuerberge vereinigt finden. Der gröſste und bekannteste derselben ist der *Awatschinskaja* oder *Gorälaja-Sopka*, unter 53° 17′ nördl. B., nach Lenz 7500 Fuſs hoch, tobte 1773 und 1827, als er unter furchtbaren Bebungen theils eine solche Menge Wasser auswarf, daſs ein mächtiger Strom daraus gebildet wurde, theils einen groſsen Riſs erhielt, aus welchem eine unglaubliche Masse calcinirter Felsarten mit Asche ausgeworfen wurde und noch später, wie aus vielen kleineren, ein erstickender, schwefelhaltiger Rauch aufstieg[1]; sein letzter Ausbruch war 1837. Ferner ist auf dieser Halbinsel der *Assatschinskaja-Sopka* unter 52° 2′ nördl. B., welcher im Juni 1828 Asche auswarf, der *Wiljutschinskaja-Sopka* unter 52° 43′ nördl. B., 6500 Fuſs hoch und stets rauchend, der *Korätskaja* oder *Strälotschnaja-Sopka* unter 53° 19′ nördl. B., rauchend, aber ohne bekannte Eruption, der *Schupanoskaja-Sopka* unter 53° 35′ nördl. B. gleichfalls ohne bekannten Ausbruch, der *Kronotskaja-Sopka* unter 54° 8′ nördl. B., etwa 10200 Fuſs hoch und stets rauchend, der *Klutscheſskaja* oder *Kamtschatskaja-Sopka* unter 56° 8′ nördl. B., 9510 Fuſs hoch, seit den neueren Zeiten nicht tobend, aber stets rauchend. Er tobte von 1727 bis 1731 unter heftigen Erdbeben unaufhörlich, 1737 schien der ganze Berg acht Tage hindurch zu glühen und auch 1740, 1762 und 1767 fanden starke Ausbrüche desselben, das letzte Mal mit verheerenden Ueberschwemmungen durch den geschmolzenen Schnee, statt. Als Vulcane werden ferner genannt der *Tolbatschinskaja-Sopka*, welcher 1739 nach vorausgegangenem Erdbeben die ganze Umgegend erleuchtete und im Anfange dieses Jahrhunderts sich durch einen neuen Krater

1 Beschrieben durch Mertens in v. Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie. 1829. VIII. 8. S. 557.

Digitized by Google

mit einem benachbarten Berge vereinte, der *Schtschapina-Sopka*, welcher erloschen scheint, der *Schewelitsch-Sopka*, stets rauchend, in dessen Nähe noch zwei andere, der *Uschakoffskaja-* und *Krestoffskaja-Sopka*, liegen sollen, der *Apatskaja-Sopka*, welcher periodisch raucht, und nach drei Sopka's, von denen man keine Ausbrüche kennt und die erloschen zu seyn scheinen [1].

Die aleutischen Inseln gleichen einer Reihe von Vulcanen, die aus dem Meere emporgehoben scheinen, weswegen auch die Namen der Vulcane zugleich die der Inseln sind. Dahin gehören *Akutan*, der stets rauchende *Makuschkin* auf Unalaschka, *Agayedan*, *Uminga*, die vulcanische Insel *Umnak* mit einem kleinen im J. 1795 in ihrer Nähe entstandenen Vulcane [2], *Goreloi* und der 1820 stark tobende *Urimak*. Die kurilischen Inseln sind als eine Reihe von Vulcanen zu betrachten, welche die von Japan und Kamtschatka verbinden. Es werden als solche genannt *Alaid*, *Poromusir*, *Ikarma*, *Tschirikutan*, *Rakkok*, *Etopow*, *Montova*, *Ischirpo-oi* und die kleine Insel *Nadeegda*. Die Vulcane der Marianen oder Larronen sind noch sehr wenig bekannt, indeſs zählte La Peyrouse deren neun, z. B. auf *St. Antoine*, *St. François*, *St. Denys*, *Assumption* und auf anderen kleineren, deren meiste unbewohnbar sind. Auch auf der Insel *Guaham* oder *Guam* ist nach Kotzebue [3] ein Vulcan. Der gröſste unter den mehreren Vulcanen auf den Philippinen [4] ist der *Mayon* oder *Mayonga* auf der Insel Lüzon in der Provinz Albay oder Abbay, dessen heftige Ausbrüche in den Jahren 1766, 1800 und nach dreizehnjähriger Ruhe im Jahre 1814 bekannt sind. Beim beginnenden Stein- und Aschenregen entfloh Alles, allein da derselbe zu stark wurde, suchten die Fliehenden in Häusern Schutz, aus denen die herabfallenden glühenden Steine sie verjagten, indem sie sich durch übergehaltene Stühle, Tische u. s. w. zu schützen suchten. Dabei war es durch Asche

1 S. Postels in Mém. de l'Acad. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. 11 ff.

2 G. XLII. 217.

3 Dessen Reise. Th. II. S. 155.

4 Vergl. Lulof's Einleitung zur Kenntniſs d. Erdkugel. Ueb. von Kästner. Altenb. 1755. 4. §. 233.

und Rauchwolken stockfinster und die hoch aufgehäufte, mit Sand und Steinchen vermengte Asche verhinderte das Fortkommen, so daſs 1200 Menschen den Tod fanden, namentlich 200 in der einstürzenden Kirche zu Budiao und 35, die sich in einem Hause daselbst versammelt hatten. Auch von den Ueberlebenden starben später viele aus Mangel, weil der Boden mit 30 bis 36 Fuſs hohem Sande und Asche überdeckt, an der Westseite der Insel aber alle Vegetation gänzlich zerstört war[1]. Ebendaselbst ist der *Aringuai* in der Provinz Ilocos und der *Taal*, nur eine Tagereise von der Hauptstadt, welcher daher oft besucht wird. Er bildet eine öde Insel in einem See, Laguna de Bonborig genannt, ungefähr 6 Meilen im Umkreise haltend, dessen Wasser durch einen etwa eine Meile langen, schnell flieſsenden, aber mit kleinen Schiffen fahrbaren Fluſs in das Meer abflieſst. Das Wasser des Sees ist brakisch, aber doch trinkbar, und die Tiefe soll an einigen Stellen unergründlich seyn. Die Insel in demselben ist ein bloſser Haufe von Asche und Lavastücken, welcher in sich selbst eingestürzt den weiten, unregelmäſsigen Krater des furchtbaren Vulcans bildet. Dieser hatte lange geruht und lieferte seit seinem letzten Ausbruche im J. 1716 eine groſse Menge Schwefel, allein im J. 1754 fing er wieder an zu rauchen und tobte nachher unter Begleitung heftiger Erdbeben[2]. Ein Berg auf *Tandaya* oder *Samar*, der *Sanguil* auf Mindanao, der *Natognus* mit den heiſsen Quellen bei Manilla[3] und der *Gunong-Api* oder der *Gunong-Ber-Api* und seine zweite Spitze *Gunong-Tallang* auf einer der sieben Inseln von Banda werden als Vulcane genannt[4]. Der letzte dieser beiden groſsen Feuerberge raucht stets, hat aber lange nicht gespieen, der erste tobte nach 15jähriger Ruhe wieder am 23sten Juli 1820. Der *Aringuai*, der Vulcan auf *Jolo* und der Sanguil tobten den 4ten Jan. 1641 zugleich und verwüsteten die Inseln, auch erzählen die Annalen von Mindanao von schrecklichen Erdbeben in den Jahren 1645 bis

---

1 Allgem. Geogr. Ephemeriden. Th. XLIX. S. 232.

2 V. Chamisso in v. Kotzebue's Reisen. Th. III. S. 69. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. XI. S. 119.

3 Journ. de Phys. T. XCIV. p. 160.

4 Asiatic Journal. 1826. Mai. p. 577. Vergl. Philosoph. Magaz. 1820. Mai.

1648, die, wie die späteren, mit den dortigen Vulcanen zusammenhängen[1]. Auf der Insel *Yap*, westlich von den Carolinen, ist gleichfalls ein groſser Vulcan, und drei kleinere sind auf den Freundschaftsinseln[2], doch geben Andere an, daſs auf den letzteren Inseln nur ein einziger, aber groſser Vulcan, der *Toſua* oder der Vulcan der Insel Tofua, vorhanden sey[3], welcher unausgesetzt Eruptionserscheinungen zeigt und von dessen schrecklichem Toben Cook im J. 1774 Zeuge war. Neuerdings sah ihn Mariner noch brennend, und vorzüglich zeichnet er sich durch die Menge des erzeugten Bimssteins aus[4].

Betrachtet man überhaupt die ganze Reihe der Inselgruppen, die von der südlichsten Spitze des asiatischen Festlandes anfangend auf beiden Seiten des Aequators weit zerstreut östlich bis durch einen groſsen Theil des stillen Oceans sich hinziehn, so findet man überall groſse und noch jetzt ausnehmend thätige Vulcane, so daſs dieses zu der Hypothese Veranlassung gab, diese sämmtlichen *Inseln seyen* mitunter beträchtlich später, als die groſsen Continente bewohnbar wurden, aus dem Meere emporgehoben worden. So trifft man auf der Westseite der Insel Sangir den *Abo*, und ein Berg auf der Insel *Siauw* wird als Vulcan bezeichnet. Auf Borneo sind gleichfalls Vulcane, deren Zahl und Namen man jedoch noch nicht kennt, die *Barren*-Insel aber hat einen Vulcan von 4000 Fuſs Höhe, welcher oft Steine und Rauch auswirft, obgleich die ganze Insel nur 6 franz. Meilen im Umfange hat[5]. Auf den Molukken wird der Ausbruch des Feuerberges auf *Machian* im J. 1646 und eines auf *Motir* im J. 1778 erwähnt, bekannter ist der *Gamma-Lammu*[6] auf Ternate; *Sorea* wurde im J. 1693 gänzlich verwüstet; der *Kemas* liegt im Territorium von Manado, der *Wawani* auf Amboina[7] tobte in den

1 Kotzebue's Reise a. a. O.

2 Journ. de Physique. T. XCVI. p. 118.

3 V. Leonhard a. a. O. S. 40.

4 Nachrichten über die Freundschaftsinseln. Weim. 1819. S. 230.

5 Arago in Ann. of Phil. 1824. Apr. p. 211. Cap. Webster erstieg ihn und fand ihn rauchend, s. Edinb. Phil. Journ. N. XVII. p. 205.

6 Philos. Trans. T. XIX. N. 216. p. 411.

7 Ebend. p. 529.

Jahren 1674, 1694, 1816, 1820 und 1824, auf *Timor* ist gleichfalls ein Vulcan und auf *Celebes* sollen deren mehrere seyn. Der *Tanbora* auf der Insel Sumbava ist vorzüglich durch die schreckliche Verheerung bekannt, die er im Jahre 1815 anrichtete[1]. Auf der Insel *Flores* sah Bleigh einen Vulcan, auf *Daumer* ist gleichfalls einer und nach Dampier tobte im J. 1699 ein kleiner zwischen Timor und Ceram. Nach Marsden[2] sind vier Vulcane auf Sumatra, der *Balaluan*, *Ophir*, *Indrapar* und einer bei *Bencoolen;* auch wird der *Gunong-Dempo* als stets rauchender Berg genannt[3], ebenso der *Berapi*[4]. Noch mehr, als diese Insel, ist Java mit Vulcanen übersäet, obwohl sie an Umfang kleiner ist; inzwischen haben wir auch hierüber nur unvollkommene Nachrichten, so sehr auch Thom. Stamford Raffles durch sein classisches Werk[5] die Kenntniſs dieser merkwürdigen Insel erweitert hat. Unter den dortigen vulcanischen Kegeln werden genannt der *Bromo* in der Provinz Pasöröan[6], der *Idia* oder *Idjeng*, dessen letzter Ausbruch im Jahre 1817 statt fand, der *Panarucan*, *Tagal* und *Ambotismene*. In den Sumbing-Gebirgen sind der *Ung-Arang*, *Marbabu* und *Mer-Api*, welcher um 1701 und 1822 viele Verheerungen anrichtete, auf jeden Fall vulcanische Gebirge, desgleichen der *Japara*, welcher sich eine Halbinsel gebildet zu haben scheint, und der *Talágawúrung*. Ferner werden dort genannt der *Dafar*, welcher 1804 tobte, der *Salak* 1761, der *Lamongar* 1806, der *Taschem* 1796, der *Klut* 1785, der *Gugak* 1807, der *Chermai* 1815, der *Lawn* 1806, der *Arjuna*, einer der gröſsten Berge von 10615 Fuſs Höhe, gleichfalls 1806 und der wegen seines

1 Biblioth. univ. 1817. Jul. Edinb. Phil. Journ. N. VI. p. 389.

2 Natürliche und bürgerliche Beschaffenheit der Insel Sumatra. Aus d. Engl. Leipz. 1785. 8.

3 V. Leonhard a. a. O. S. 41.

4 Philos. Magaz. T. LXV. p. 188.

5 History of Java. Lond. 1817. II T. 4. T. I. p. 12 ff. Vergl. van der Boon Mesch Disputatio geologica de incendiis montium igne ardentium insulae Javae cet. L. B. 1826. Deutsch bearbeitet von Reinh. Blum in v. Leonhard's Zeitschr. für Mineralogie 1828. Jan. S. 21 ff. V. Leonhard über die Basaltgebilde. Th. II. S. 156. Nöggerath und Paul Sammlung von Arbeiten ausländischer Naturforscher über Feuerberge und verwandte Phänomene. Elberf. 1825. 2 Th. 8.

6 Malte-Brun Bibl. des Voyages. T. V. p. 27.

Digitized by Google

groſsen Kraters bekannte *Tankuban-Prahu*, welcher zwar ruht und mit Holz bewachsen ist, dennoch aber steigen fortwährend Dämpfe aus seinem Krater auf und man hört ein unaufhörliches Getöse in seinem Innern, auch tobte er noch im J. 1804 und warf viele reine Thonerde aus; ferner der *Papandayang*, welcher der gröſste auf der ganzen Insel war, aber bei dem Ausbruche 1772, als zugleich 40 Dörfer verheert wurden und 2957 Menschen umkamen, einen groſsen Theil seiner Spitze durch Einsturz verlor, der *Galong-Goening* oder *Galung-Gung* in der Statthalterschaft Preang, welcher nach langer Ruhe im November 1822 tobte und 88 Pflanzungen nebst mehr als 2000 Menschen unter seiner Asche und Lava begrub[1], und endlich der *Gunung-Guntur*, aus welchem sich im J. 1800 ein mächtiger Lavastrom ergoſs, dessen Breite am steilen Theile des Berges nur 10 Fuſs betrug, tiefer abwärts stellenweise 300 Fuſs, bis er nach einer Länge von 1200 Fuſs in einem 20 F. hohen Haufwerke von Lavablöcken endigte. Am 21. Oct. 1818 *hatte er einen heftigen* Ausbruch, welcher mit starkem Erdbeben anfing und im Auswerfen ungeheurer Mengen von Rauch, Asche, Sand glühender Steine, selbst groſser Felsmassen, jedoch ohne Lava, bestand, worauf zuletzt das Einstürzen eines groſsen Theils des oberen Kegels folgte. Merkwürdig ist der Vulcan *Idienne* in der Provinz Bagnia-Vanni. Dieser gehört nämlich unter die kleine Zahl derjenigen, in deren Krater sich der aufsteigende Schwefel mit Wasser verbindet, woraus dann verdünnte Schwefelsäure entsteht, die in einem Strome herabflieſst[2]. Auch der Mer-Api hat auf seiner Spitze einen See mit gesäuertem Wasser, wie Leschenault bei seiner Ersteigung dieses Berges fand[3].

Auf *Neu-Guinea* will Dampier schon im J. 1700 zwei brennende Vulcane gesehn haben, im Archipelagus von *Neu-Britannien* sah D'Entrecasteaux in 5° 32′ nördl. B., 143° 24′ östl. L. v. G. einen tobenden Vulcan, welchen Le Maire und van Schouten schon vorher gesehn hatten. Auf der

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XVII. p. 201.
2 Philos. Magaz. T. XLII. p. 182.
3 Olivier's Land- en Zee-Togten in Nederlands Indie. T. II. cap. I.

Digitized by Google

Insel *Amhrym* unter den neuen Hebriden im Archipelagus del Espirito Santo befindet sich nach Cook ein Vulcan, einen anderen sah derselbe auf der Insel *Tanna* im J. 1774, welchen auch d'Entrecasteux im J. 1793 tobend fand. Unter den Südsee-Inseln werden als vulcanisch vorzüglich genannt *Kao-Tana*, zuletzt von La Peyrouse beobachtet, *Sesarga* unter den Charlotteninseln und *Movée* im stillen Ocean. Auf den Sandwichinseln sind mehrere Vulcane, und namentlich befinden sich sehr bedeutende, einander nahe liegende oder nur mit verschieden benannten Kratern versehene, auf der Insel Owaihi oder Hawaii. Es werden als solche erwähnt der *Mauna-Roa*, der *Mauna-Kea* (oder *Khoa*, auch *Kaa*, der Wohnsitz der Göttin Pelee, welcher durch seine steten Ausbrüche die Bewohner schreckt) und der *Kirauea*, welche drei neuerdings durch Douglas[1] erstiegen worden sind; auch ist der letztere, wegen seines verheerenden Ausbruches von 1803 bekannt, durch die Missionaire mehrmals untersucht worden[2]. Neuerdings, im J. 1838, wurde er durch den Grafen Strzelecki[3] bestiegen, und dieser hält seinen Krater unter allen für den gröſsten und staunenswürdigsten, denn er hat auf dem 3851 Par. Fuſs hohen Berge eine Grundfläche von 9,45 Mill. Quadratfuſs und ist mit stets wallender glühender Lava erfüllt. Nur etwa 5 geogr. Meilen von Mauna-Roa in der Provinz Kapapula liegt der *Panohohoa*[4], einer der gröſsten und bekanntesten aber ist der *Mauna-Wororai* oder *Mauna-Huararai*, welcher in den Jahren 1801 und 1810 mächtige Lavaströme ergoſs. Neuerdings hat Ellis[5] denselben einige Male bestiegen. Er fand daselbst mehrere sehr groſse Krater, unter diesen einen von unermeſslicher, sicher 1000 F. betragender Tiefe, einige anscheinend erloschen, andere, aus denen stets Rauch und Schwefeldampf aufstiegen. Die Lava wurde einst

1 Berghaus Ann. 1835. Th. XI. S. 404.

2 Edinburgh New Philos. Journ. N. V. p. 45. N. XI. p. 151. N. XII. p. 212. 371. Silliman Amer. Journ. T. XX. p. 228.

3 Froriep Not. Th. XI. N. 6.

4 Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 303.

5 Aus dessen Missionary Tour through Hawaii in Edinburgh Journ. of Science. N. XI. p. 187. Vergl. Silliman's Journ. T. XI. p. 1. Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIII. p. 425. Philos. Magaz. T. LXVIII. p. 252. Poggendorff's Ann. IX. 141.

Digitized by Google

bis 50 Fuſs hoch als Fontaine emporgeschleudert; auch findet man dort so zarten Bimsstein, daſs ihn der Wind fortbewegt. Auch die *Osterinsel* und *Nukahiva* werden als vulcanisch genannt[1], auf der Marquesas-Insel Domenica ist der Vulcan *Ohiwaua*[2] und auf der Societäts-Insel Otaheiti ist der mächtige Vulcan *Tobreonu* von mehr als 11000 engl. Fuſs Höhe. In einer Bucht der Gallopagos-Insel Albemarle endlich liegt die ganze vulcanische Insel *Narborough* mit einem stark tobenden Feuerberge, dessen Ausbruch im Jahre 1814 am bekanntesten ist[3].

Auf Neuholland, so wenig auch diese ausgedehnte Masse von Land und zerstreuten Inseln zur Zeit schon bekannt ist, hat man jetzt noch thätige Vulcane gefunden. Im Berge *Ouingen* oder *Wingen*, unweit des Hunter-Flusses, in einiger Entfernung von Sydney, befinden sich viele Spalten, aus denen unaufhörlich nach Schwefel riechende Dämpfe strömen, ohne Zweifel Erzeugnisse eines unterirdischen Brandes. Dabei ist aber merkwürdig, daſs sich dort und umher nirgends eine Spur, von Lava oder geschmolzenen Felsmassen findet, weswegen man Anstand nimmt, den Berg für einen eigentlichen Vulcan zu halten[4]. Die Höhe des Berges beträgt ungefähr 1500 engl. Fuſs, die Spalten befinden sich im Sandstein, die Ränder sind an einigen Stellen rothglühend, auch zuweilen verglast, und wo die Flammen herausdringen, wird die Vegetation zerstört, stellt sich aber beim Nachlassen derselben bald wieder her. Steine, die in die Spalten geworfen werden, fallen sehr tief hinab, bis in die Räume, wo man das Brennen genau wahrnimmt[5]. Ein anderer, anscheinend kleiner Vulcan, welcher schwarze Massen und Flammen auswirft, ist bei *Segenhoe* beobachtet worden. Die Eingebornen wagen es nicht, sich dem Krater bis auf die Entfernung einer engl. Meile zu nähern[6].

---

1 Kotzebue's Reisen. Th. II. S. 111. Th. III. S. 31 u. 141.
2 Arago in Annals of Philos. 1824. Apr. p. 213.
3 Downes Voyage 1835. 8.
4 Nouv. Annales des Voyages. 1830. Fevr. p. 188.
5 Edinb. Journ. of Sc. N. S. N. IV. p. 270.
6 Ebend. N. II. p. 373.

Digitized by Google

III. Africa und die benachbarten Inseln.

Ein so groſser Welttheil, als das Festland Africa's, kann wohl nicht ganz ohne Vulcane seyn, inzwischen ist bekannt, daſs ausgedehnte Continente, mit Ausnahme America's, nur wenige solcher Berge aufzuweisen haben. Kircher nennt zwar nach älteren Missionsberichten zwei Vulcane in Monomotapa, vier in Angola, Congo und Guinea, einen in Lybien und einen in Habesch, allein neuere Reisende haben diese Angaben nicht bestätigt, und auf jeden Fall könnten die Vulcane nur erloschene seyn. Am Congo will Douville[1] einen Vulcan, den *Zambi,* von 10680 Fuſs Höhe gesehn haben, er konnte ihn jedoch nicht untersuchen, weil ihm die Neger dahin nicht folgen wollten; allein dieser Nachricht steht die bezweifelte Aechtheit der ganzen Reisebeschreibung entgegen. Inzwischen sind der *Djebel-Dokhân* in Aegypten und der *Kordoufan* im Innern von Africa entweder wirkliche Vulcane, indem stets Rauch aus ihnen aufsteigt[2], oder man müſste sie für den erwähnten Salmiakbergen in Asien ähnlich halten.

Die zu Africa gehörigen Inseln sind, wie die asiatischen, fast ohne Ausnahme vulcanisch. Hauptsächlich ist dieses der Fall bei der azorischen Insel *St. Michael* (Miguel)[3], in deren Nähe 1811 eine kleine Insel aus dem Meere emporgehoben wurde und bald wieder versank; auf Fayal ist der Feuerberg *Caldeira* und auf Pico der hohe Vulcan *Pico*[4], welcher 7328 Fuſs Höhe hat und mit zwei Kratern versehn ist, von denen der kleinere im J. 1718 thätig war. Unter den canarischen Inseln hat *Palma* einen Vulcan, welcher 1585 und 1677 tobte, *Lanzerote* hat mehrere Krater[5], deren einer im J. 1824 Feuer spie, am bedeutendsten aber ist der *Pico de Teyde* auf Teneriffa, welcher in der Mitte einer Masse

---

1 Voyage au Congo et dans l'Intérieur de l'Afrique équinoxiale. Par. 1832. III T. 8.

2 Nouv. Ann. des Voyages. T. XXIV. p. 283.

3 Biblioth. Britann. 1812. Oct. Vergl. Webster Description of the Island of St. Michael. p. 107.

4 Annals of Philos. 1824. Apr. p. 204.

5 L. v. Buch in Berlin. Denkschr. 1818. S. 69. Im Jahre 1730 wurde ein groſser Theil der Insel durch einen vulcanischen Ausbruch zerstört.

Digitized by Google

von Basalten und Laven bis zu einer Höhe von 11424 Fuſs aufsteigt, dessen Gipfel zwar aus seinem aus Lava gebildeten kreisförmigen Krater seit Jahrhunderten keine Ausbrüche mehr zeigt, desto häufiger aber aus Seitenöffnungen[1]. Der Berg *Cahorra* gab im J. 1798 das Schauspiel eines Ausbruches. Unter den Inseln des grünen Vorgebirges scheint die in dieser Beziehung bezeichnend *Fuego* (Feuerinsel) genannte vorzugsweise vulcanisch zu seyn, da der auf ihr befindliche Berg ohne Unterlaſs thätig ist[2]. Auf der Insel *Ascension* (7° 56′ nördl. B., 14° 21′ westl. L. v. G.) ist ein wenig bekannter Vulcan, auch auf *Madagascar* will man einen solchen beobachtet haben, aus welchem stets Wasserdampf emporsteigt[3], auf der Insel *Bourbon* aber (20° 51′ südl. B., 55° 30′ östl. L. v. G.) ist einer der gröſsten Vulcane der Erde, welcher 7500 F. über den Meeresspiegel hervorragt und, seit man die Insel kennt, nie ruhig war[4]. Einer der stärksten neueren Ausbrüche fand statt den 27sten Febr. *1821. Die* Nachricht in Bruce's Reisen aber, daſs *ein Vulcan Zibbel-Tier* im rothen Meere unter 15° 30′ *nördl.* B. existire, finde ich in späteren Schriftstellern nicht wiederholt. Auf der zwischen Africa und Neuholland südlich liegenden Insel *Amsterdam* (38° nördl. B., 78° östl. L. v. G.) ist gleichfalls ein groſser Vulcan und in seiner Gegend befinden sich eine Menge heiſse Quellen.

IV. America und seine Inseln.

America ist bekannt wegen seines groſsen Reichthums an erloschenen und noch thätigen Vulcanen, wobei es schwer ist, beide gehörig von einander zu sondern. Man findet dieselben vorzugsweise in seinem mittleren und südlichen Theile, allein sie erstrecken sich zugleich sehr weit nach Norden. Malte-

1 Gray Bennet in Trans. of the Geol. Soc. T. II. L. v. Buch in Berlin. Denkschr. 1820 u. 21. S. 93. Dessen physikal. Beschreibung der Canarischen Inseln. Berl. 1824. 4. Poggendorff's Ann. X. 1. Ueber den Ausbruch des Vengo am Pico de Teyde im J. 1793 s. de Frasqui in G. XXI. 248.

2 Hist. génér. des Voy. T. III. p. 190.

3 Annals of Phil. 1824. Apr. p. 205.

4 Ebendaselbst. Ueber den letzten Ausbruch s. Ann. de Chim. et Phys. T. XVIII. p. 417.

Brun[1] giebt fünf Vulcane auf Californien an und auch andere Nachrichten[2] bezeugen die Anwesenheit eines noch brennenden an der Küste von *St. Barbara* und die übrigen befinden sich auf der Halbinsel. Im Jahre 1786 sah Nicol einen mächtigen Strom Lava aus einem Vulcane an der Mündung des *Cook-River* sich ins Meer stürzen, welches ringsum mit Eis bedeckt war[3], der Berg *del Buon Tiempo* und der nach Einigen zweifelhafte Vulcan *de las Virgines* liegen gleichfalls auf der Nordwestküste America's[4], aber auch auf der Barren-Insel (58° 48′ nördl. Br., 133° 50′ westl. L. v. G.) sah Webster einen Vulcan[5], der groſse *Eliasberg* (61° nördl. B., 147° westl. L. v. G.) ist nach Faujas de St. Fond[6] ein noch nicht erloschener Feuerberg und auf *Aliaksa* (55° nördl. B., 157° westl. L. v. G.) bemerkte Kotzebue[7] im J. 1817 einen damals noch brennenden Vulcan. Dieser Ort hängt mit der Kette der aleutischen Inseln zusammen, die sehr vulcanisch sind, und es wird daher hieraus, so wie überhaupt aus der Nachbarschaft der zahlreichen gegenüberliegenden Reihen-Vulcane wahrscheinlich, daſs sich auf der Nordwestküste America's noch mehrere, als die bis jetzt bekannten Feuerberge befinden. Weit zahlreichere Vulcane werden aber weiter südlich angetroffen, und zwar im eigentlichen Festlande America's, wenn gleich gröſstentheils in den Küstendistricten. Uebergehn wir zuerst den *Jorullo* als einen erloschenen Vulcan, von welchem später die Rede seyn wird, so soll auch in Prince George's Staate am Indian River ein Vulcan seyn, und zwar der kleinste, welcher überhaupt existirt, indem seine Höhe nur 6 Fuſs, sein Umfang aber unten 49 und am Krater 2 Fuſs 2 Zoll betragen soll[8]. Es scheint dieser der nämliche zu seyn, welcher als ein neu entstandener in der Provinz Essex in New-York 4 engl. Meilen vom See George entfernt angegeben wird[9].

1 Précis de Géogr. T. II. p. 463.
2 Kotzebue's Reise. Th. III. S. 17.
3 Kastner's Archiv. Th. VIII. S. 153.
4 Arago in Ann. of Philos. 1824. Apr. p. 205.
5 Edinb. New Phil. Journ. N. XVII. p. 205.
6 Journ. de Phys. T. LXIX. p. 48.
7 Dessen Reise. Th. II. S. 108.
8 Giornale Arcadico. T. XVII. p. 158.
9 Ann. de Chim. et Phys. T. XXX. p. 435.

Digitized by Google

Die Reihen-Vulcane von Mexico gehören zu den gröſsten und thätigsten im neuen Continente. Diese, deren genauere Kenntniſs wir den Forschungen Al. v. Humboldt's verdanken, sind der *Citlaltepetl* oder *Pic d'Orizaba* von 16302 F. Höhe, der *Popocatepetl* oder groſse Vulcan von Puebla, der gröſste aller mexicanischen, von 16626 Fuſs Höhe und stets rauchend, welcher neuerdings durch Wilhelm und Friedrich Glennie und John Tayleur, später noch im Jahre 1834 durch Groos bestiegen und untersucht wurde[1], der *Nauhcampatepetl* oder *Coffre de Perotte*, der *Iztaccihuatl*, der *Nevado de Toluca*[2], beide jetzt ruhend, der *Colima*, der *Tuxtla* (Tuchtla), welcher im Jahre 1664 durch Aschenregen die Umgegend gänzlich zu zerstören drohte, dann einen ähnlichen Auswurf im J. 1793 wiederholte, wobei das Auswerfen zwei Jahre anhielt, noch gegenwärtig stets raucht und 1829 durch Jose Aurelio Garcia bestiegen wurde[3], und der *Pic von Tancitaro*.

Der Landstrich, welcher die beiden groſsen Hälften America's verbindet und das ganz vulcanische Meer der Antillen einschlieſst, der Freistaat Guatimala, ist voll von groſsen und stets thätigen Feuerbergen. Dahin gehören der *Burna* unter 8° 40′ nördl. B., südlich vom Golph Conchagua, der *Cosegüina* an derselben Bai, die dort auch Bai von Fonseca heiſst, unter 13° nördl. B., 87° 3′ westl. L. v. G., nicht mehr als 500 Fuſs hoch, welcher 1709, dann 1809 und am stärksten im Januar 1835 tobte[4], der *Bombacho*, der *Zapensas* unter 10° 15′ nördl. B., der *Nindiri* mit starkem Ausbruche im Jahre 1775, der *Papaguio* unter 11° 10′ nördl. B., der *Grenada*, der *Talica* bei San Leon de Nicaragua, der *Mo-*

1 Schweigger's Journ. T. L. S. 335. Nouv. Ann. des Voyages 1834. T. XXXIV. p. 44.

2 Genau beschrieben durch Sartorius in Hertha Th. X. S. 294. Vergl. v. Humboldt Essay. Pol. ed. 8. T. I. p. 183. Karsten's Archiv. Th. XIV. S. 93.

3 Burkhart in v. Leonhard's u. Bronn's Neuem Jahrb. der Miner. 1835. S. 36.

4 Caldcleugh in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VIII. p. 414. Vergl. Juan Galindo in Silliman's Journ. T. XXVIII. p. 332. und in Edinb. New Philos. Journ. N. XXXIX. p. 165. Philosoph. Transact. 1836. P. I. p. 27. Poggendorff's Ann. XXXVII. 447. XLI. 221.

Digitized by Google

motombo, der *Viego* beim Hafen Rialexo, der *St. Michael*, der *Apalitlan*, der *Cocivina* in der Nähe des Golphs Conchagua, ferner *Besotlan*, *Traapa*, *San Vincente*, *Sacate Coluca* bei Rio del Empa, der *Apaneca*, *Hamilpas*, *Atitlan*, *San Salvador*, *Isalco*, *Antigua* westlich vom Golph Amapulo, *Fuegos de Guatimala* unter 14° 22′ nördl. B., 13985 Fuſs hoch, dessen Ausbrüche von 1581, 1586, 1705, 1710, 1717, 1732, 1737 bekannt sind, der *Acatinango*, *Sunil*, *Sacatepeque* und *Soconusco*, welche fast sämmtlich noch sehr in Thätigkeit sind. Neugranada zeichnet sich nicht weniger durch zahlreiche vulcanische Kegel von unglaublicher Höhe aus. Dahin gehört der Rücken des *Paramo de Ruiz* ungefähr unter 4° 57′ nördl. B., welchen Boussingault im J. 1829 rauchen sah[1], der Kegelberg von *Tolima* unter 4° 35′ nördl. B., 74° 20′ westl. L. v. G., nach trigonometrischer Messung 17190 Fuſs hoch, also wohl der höchste Berg des americanischen Festlandes nördlich vom Aequator, dessen Eruption vom 12ten März 1595 erst neuerdings bekannt geworden ist und welcher im J. 1826 unerwartet wieder zu toben anfing[2], der *Puraze* bei Popayan unter 2° 20′ nördl. B., 76° 40′ westl. L. v. G., 13650 Fuſs hoch, von welchem gleichfalls ein Fluſs mit gesäuertem Wasser herabflieſst[3], der Vulcan von *Pasto* unter 1° 11′ nördl. B., 77° 24′ westl. L. v. G., 12620 Fuſs hoch, der *Azufarl*, der *Cumbal* unter 0° 53′ nördl. B., 14717 Fuſs hoch, der *Imbabaru* unter 0° 20′ nördl. B., der *Chilas* in der Provinz de los Pastos unter 0° 36′ südl. B., der Vulcan von *Fragua* bei Santa Rosa unter 1° 47′ nördl. B., der *Guacamayo* in der Provinz Quixos und der *Quebrada del Azufral* oder Schwefelberg bei Quindiu, wo fortdauernd heiſse Schwefeldämpfe aus Glimmerschiefer aufsteigen[4]. Endlich wird dort noch der *Sotara* als Vulcan genannt und von Boussingault[5] der von *Tequères* dicht am Aequator. Ein Vulcan in der Provinz Guanaxato, 18 Meilen von Lucratero, verheerte die umliegenden Gegenden am 15ten

---

1 S. v. Humboldt's Fragmente über Geologie und Klimatologie Asiens. S. 75.

2 V. Humboldt a. a. O. S. 73.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 113.

4 V. Humboldt in Poggendorff's Ann. XLIV. 196.

5 Ann. de Chim. et Phys. T. LII. p. 18.

Digitized by Google

Febr. 1818, der *Arequipa* in Peru aber, auch *Pic de Misti* genannt, liegt nur 9 Meilen vom Meere entfernt und wurde neuerdings durch Samuel Curson erstiegen[1].

Die gröſsten und ausgezeichnetsten Vulcane sind in Quito[2], dessen ganzer hochliegender Theil eine durch gewaltsame Kräfte emporgetriebene Masse mit einer Menge Krater zu seyn scheint. Vom *Chimborazo*, der höchsten Spitze der Andes-Kette, sind keine Ausbrüche bekannt, obgleich seine Beschaffenheit ganz vulcanisch ist und seine heiſsen Quellen die noch fortdauernde Hitze oder noch statt findendes inneres Brennen andeuten. Auch die übrigen Vulcane ergieſsen nur selten Lava, häufiger sind dagegen die Ausbrüche von Schlamm. Die bedeutendsten dortigen vulcanischen Kegel sind der *Antisana* von 17956 Fuſs Höhe, welcher im Jahre 1590 und 1728 tobte, der *Pitchincha* von 17644 F. Höhe, mit einem ungeheuern Krater oder eigentlicher mit vier Spitzen, der Tablahuma, Los Ladrillos, Guagua-Pichincha und Rucu-Pichincha, deren Ausbrüche in den Jahren 1535, 1577, 1639, 1660 und 1690 bekannt sind[3], der *Cayambe-Urcu*, der *Nevado del Altas* oder *Capac-Urcu* oder *El Altar de Collanes*, der *Ilinissa*, der *Tungurahua* unter 1° 41′ südl. B., von 15471 Fuſs Höhe (die aber beim Ausbruche von 1797 beträchtlich vermindert wurde), dessen erster Ausbruch im Jahre 1641 bekannt ist, der *Cotopaxi* von 17662 F. Höhe und der schönsten Kegelform unter allen Andesspitzen, welcher zuerst 1533, dann 1742, 1743 und 1744 spie, wobei sein Brüllen 200 Stunden weit gehört wurde, dann wieder 1750, 1764 und 1803 stark tobte, eigentlicher aber von 1739 bis 1745 fast ohne Unterlaſs thätig war, ein durch sein Brüllen und seine Gröſse, so wie die Menge der ausgeworfenen Massen wahrhaft ungeheurer Vulcan[4] mit einem Krater von 2868 F. Durchmesser, der *Sangai* oder *Macas* unter 1° 45′ südl. B.

---

1 Boston Journal 1823. Nov. p. 351.

2 Genau beschrieben durch v. Humboldt in Poggendorff's Ann. XL. 161. XLIV. 193.

3 Boussingault fand den Rucu-Pichincha in voller Thätigkeit, obgleich er bei der Anwesenheit Bouguer's völlig zu ruhn schien. S. Ann. de Chim. et Phys. T. LII. p. 22.

4 V. Humboldt Reisen. D. Ueb. Th. III. S. 3 ff.

Digitized by Google

von 16080 F. Höhe, welcher seit 1828 stets tobt, und der *Carguerazo*, dessen gegenwärtige Höhe nur 14706 Fuſs beträgt, weil er durch Einstürzungen viel verloren hat, da er früher vielleicht über den Chimborazo hinausragte, von welchem er ein Seitenkrater zu seyn scheint[1]. Bei seinem letzten Ausbruche im J. 1698 warf er eine groſse Menge Wasser mit Schlamm und vielen Fischen aus, die bei ihrer Verwesung die Luft der Umgegend verpesteten.

Die Angaben über die Vulcane in Chili weichen sehr von einander ab, vermuthlich weil ihre Namen nicht so genau bestimmt sind und daher die nämlichen unter verschiedenen Benennungen vorkommen, manche Schriftsteller aber die erloschenen von den noch thätigen nicht genugsam unterscheiden; Pöppig[2] meint sogar, es würden verschiedene genannt, die gar nicht existiren. Er selbst, den wir als einen zuverlässigen Zeugen betrachten können, sah nur den *Maipu*, den de *Peteroa*, de *Chillan*, de *Antuco*, de *Pummahuidda*, de *Unalavquen*, de *Cura*, de *Villa ricca*, de *Osorno*[3] rauchen. Diese scheinen fast alle nach den Orten benannt, in deren Nähe sie sich befinden, und können daher auch unter andern Namen vorkommen. Andere Schriftsteller[4] geben die Zahl der Feuerberge in Chili zu 15 an, allein es werden deren weit mehr genannt, vielleicht auch deswegen, weil mehrere Krater der nämlichen Vulcane als verschiedene aufgeführt werden, im Ganzen aber kennen wir die chilesischen Vulcane weit weniger, als die übrigen der Andes-Kette. Um keinen zu übergehn, setze ich die sämmtlichen vorkommenden Namen her. Diese sind: der bei *Villa ricca*, der *Chillan*, *Calaqui*, *Chinal*, *Huanchue*, *Copi*, *Llanguihue*, *Puravauco*, *Aconcagua*, *Peteroa*, *Tucapel*, *Votuco*, *Huailecca*, *San-Clemente*, *San-Jago*, *Minchiuno*, *Quechuacan*, *Chignol*, *Notuco*, *Maipū*, *Antuco* oder *Untoco*, *Ligua*, *Chuapa* oder *Lisnari*, *Co-*

1 Don Juan de Ulloa Voyage. T. I. p. 262.

2 Berghaus Ann. 1836. N. 140. p. 217.

3 Die Mannschaft des Schiffes Beagle sah Nachts in 80 Seemeilen Entfernung das Feuer dieses Vulcans wie einen Stern und 160 Seemeilen südlich von ihm gewahrte dieselbe den stets brennenden Corcovado. Nach öffentl. Blättern.

4 Molina Hist. Nat. de Chili. p. 30. Arago in Ann. of Philos. 1824. Apr. p. 207.

Digitized by Google

quimbo, *Copiapo* und einer an der Mündung des Flusses *Rapel*[1]. Der Aconcagua, der höchste Berg in Chili, dessen Höhe Pentland[2] zu 22400 engl. Fuſs (21018 franz. F.) angiebt, welchen Pöppig unter diesem Namen nicht als solchen aufführt, wird ein Vulcan genannt, und Bylandt Palstercamp[3] nennt auſserdem noch den *Minchimavida*, den *Hause* auf der Insel Chiloe, den *Quecucabi, Chuanca*, *Osarno* und *Huanauco*, unter denen Osarno ohne Zweifel mit dem Osorno und der Chuanca vermuthlich mit dem Huanchue identisch sind.

Die americanischen Inseln sind zum groſsen Theile gleichfalls vulcanisch und zwar in einem bedeutenden Grade, namentlich die Antillen. Auf Martinique ist der *Pelée* ein groſser Vulcan, welcher noch 1792 mit bedeutender Heftigkeit getobt haben soll[4], woran jedoch v. Humboldt[5] zweifelt, der *Carbet* und *Vauclin* scheinen jetzt ruhende zu seyn. Ein Vulcan auf *Guadaloupe* dagegen raucht beständig, spie zuletzt im J. 1737 Feuer, drohete 1797 eine starke Eruption, warf aber bloſs Asche aus und zeigt selten eine Flamme in der Mündung seines Kraters[6]. Der *Morne-Garou* auf St. Vincent war seit 1718 ruhig und schien erloschen zu seyn, als er 1812 wieder zu brennen anfing und den starken Aschenregen auf Barbados bewirkte[7]; er ist also der langen Ruhe ungeachtet den noch thätigen beizuzählen[8]. Ein Vulcan auf der Insel *St. Lucie* von nur 200 Fuſs Höhe erzeugt eine Menge Schwefel, so wie der hiernach benannte Schwefelberg (auch *Mount misery* wegen der Nacktheit seiner oberen Fläche genannt) auf St. *Christoph*, welcher im J. 1692 noch brannte,

---

1 Kotzebue's Reisen. Th. III. S. 24.

2 Edinburgh New Philos. Journ. N. XLVII. p. 227.

3 Théorie des Volcans. Par. 1835.

4 Ann. des Mines. T. III. p. 59.

5 Reisen. D. Ueb. Th. III. S. 38.

6 S. L'Escailler in Journ. de Phys. T. LXII. u. L'Herminier ebend. 1815. Avr. et Sept. L'Institut 1837. p. 61.

7 Ann. de Chim. et Phys. T. IX. p. 216. Vergl. Quarterly Journ. of Science. N. Ser. N. XI. p. 31.

8 V. Humboldt Reisen. D. Ueb. Th. I. p. 496. Breislak Instit. Geol. T. III. p. 403. Eine ausführliche Beschreibung und genaue Zeichnung desselben findet man in Philos. Trans. T. LXXV. p. 16.

Digitized by Google

und beide müſsen daher entweder als noch thätige Vulcane oder als Solfataren betrachtet werden[1]. Auf *St. Domingo* befindet sich nach Bylandt Palstercamp[2] ein Vulcan von 5700 F. Höhe, und auſserdem hat die Insel mehrere Solfataren, auch zeigen die furchtbaren Verheerungen auf Jamaica durch das heftige Erdbeben von 1692 deutlich, daſs auch unter dieser Insel vulcanische Herde existiren müſsen. Im südlichsten Theile von America endlich, in Patagonien, wird der *Monte de los Gigantes* als Vulcan angegeben[3], und selbst auf dem Feuerlande soll nach Basil Hall[4] ein noch thätiger Vulcan seyn, noch weiter südlich aber, auf der Insel *Traverse* unter 56° südl. B. und 31° 30′ westl. L. v. G., beobachtete Simonoff einen stets rauchenden Vulcan[5], welcher also der südlichste unter allen bekannten ist. Hiernach reichen die Vulcane auf der südlichen Halbkugel bis zum 56sten Grade der Breite und auf der nördlichen, wenn wir den auf der Insel Mayen als einen noch thätigen annehmen, bis zum 72sten. Auf jeden Fall zeigt sich, daſs die Menge der Vulcane in der äquatorischen Zone am gröſsten ist und daſs sie mit zunehmenden Graden der Breite abnimmt; ob aber in beiden Polarzonen gar keine weiteren Feuerberge existiren, und auf welchen physikalischen Gründen diese ungleiche Vertheilung beruhe, diese wichtige Frage ist bis jetzt noch nicht genügend beantwortet worden[6].

Dürfen die sämmtlichen hier genannten Feuerberge als noch thätige gelten, wonach also verschiedene derselben, obgleich sie in den letzten Jahren und selbst Jahrzehenten keine Ausbrüche zeigten, dennoch als noch fortdauernd brennende betrachtet und auch die bedeutendsten Solfataren nebst den Sal-

---

1 V. Humboldt a. a. O. S. 34.

2 Théorie des Volcans. Par. 1835. T. I. p. 270.

3 V. Hoff Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche. Th. II. S. 477.

4 Journ. of Chile and Peru. 1824. T. I. p. 3.

5 Edinburgh Journ. of Science N. II. p. 346.

6 Die meisten bekannten Vulcane hat C. N. Ordinaire aufgezählt und ihren Zusammenhang in Gruppen und Reihen auf einer Charte durch Zeichnung versinnlicht, s. Histoire naturelle des volcans comprenant les volcans soumarins, ceux de boue et autres phénomènes analogues. Par. 1802. 8.

Digitized by Google

miak- und Schwefelbergen mit hinzugezählt würden, so beträgt ihre Gesammtmenge 297, wovon 26 auf Europa, 146 auf Asien und Polynesien, 15 auf Africa und 110 auf America kommen. Die Genauigkeit dieser Angabe läſst sich zwar auf keine Weise verbürgen, denn aus den bereits wiederholt angegebenen Ursachen kann die Zahl allerdings zu groſs seyn, sie übertrifft auch die bisherigen Angaben bedeutend; wenn man aber berücksichtigt, wie wenig genau die vulcanischen Inseln der groſsen Oceane bisher untersucht worden sind, und wie häufig noch neuerdings die Seefahrer kleine Inseln mit Feuerbergen gesehn haben, die den früheren Reisenden entgangen waren, und wie oft Vulcane unerwartet wieder zu toben anfingen, die selbst mehr als ein Jahrhundert hindurch für erloschen galten, so dürfte die Zahl dennoch nicht zu groſs erscheinen.

Vulcanische Erscheinungen im Allgemeinen.

Bei weitem die meisten Vulcane *liegen* auf *Inseln* oder auf den Küsten der Continente in der Nähe des Meeres, und man glaubte daher in früheren Zeiten, das Eindringen des Seewassers sey nothwendige Bedingung der vulcanischen Thätigkeit, indem dieses namentlich die enorme Menge von Dampf und auch von Kochsalz darbiete, die als Erzeugnisse der Vulcane bekannt sind. Diese, hauptsächlich durch Nollet vertheidigte, Ansicht findet eine genügende Widerlegung durch einige asiatische Vulcane, welche zu weit entfernt von den nächsten Seen oder dem Meere liegen, als daſs an das Eindringen des gesalzenen Wassers zu denken wäre, wie vorzüglich Cordier [1] genügend gezeigt hat. Die beiden Berge, auf welche man sich deswegen am meisten bezieht, sind der *Pé-schan* oder der weiſse Berg, welcher nach v. Humboldt von dem nächsten Meere, dem caspischen, 300, vom Eismeere 375, vom groſsen Ocean 405 und vom indischen Ocean 330 geogr. Meilen entfernt liegt [2], und der *Tourſan*,

---

1 Journ. Asiat. T. V. p. 44. Ann. des Mines T. V. p. 135. Edinb. Phil. Journ. N. VII. p. 156. V. Humboldt's Fragmente u. s. w. S. 56. Vergl. Ann. de Chim. et Phys. T. XLV. p. 337.

2 V. Humboldt setzt die Entfernung des Pé-schan vom Aralsee zu 225 geogr. Meilen. A. a. O.

Digitized by Google

deſsen Entfernung vom nächsten Meere zwischen 300 und 400 Meilen beträgt. Daſs diese Berge aber wirkliche und noch thätige Vulcane sind, oder mindestens Solfataren, obgleich sie vorzugsweise nur Salmiak liefern, das wird weder von Cordier, noch von v. Humboldt in Zweifel gezogen. Diese Entfernung ist zwar beträchtlich gröſser, als die des *Djebel-Koldaghi* in Kordofan, dessen Abstand vom nächsten rothen Meere nur 112 Meilen beträgt, allein auch diese ist immer noch zu groſs, als daſs man ein Eindringen des Seewassers in denselben für möglich halten könnte. V. Humboldt betrachtet daher auch die Behauptung, daſs die Andes-Kette da keine Vulcane darbiete, wo sie sich vom Meere zurückzieht, als nicht begründet, wie namentlich der *Pic* von *Tolima* beweist, welcher der vom Meere entfernten Andes-Kette zugehört. Breislak[1] bemerkt auſserdem ganz richtig, daſs eine offene Verbindung der vulcanischen Herde mit dem Meere ganz unzulässig sey, weil erstere sonst sehr bald gänzlich ausgelöscht seyn würden. Betrachtet man dagegen die Lage und Beschaffenheit der Vulcane im Allgemeinen, so wird man zu der Hypothese geführt, daſs vulcanische Kräfte das jetzt trockne Land, mindestens groſsentheils, durch eine stets weiter fortschreitende Hebung über das Meer erhoben haben, weswegen im Ganzen die wenigsten Spuren vulcanischer Thätigkeit innerhalb ausgedehnter Continente, die meisten und neuesten aber an Küsten oder auf Inseln angetroffen werden. Dazu kommt dann noch der Umstand, daſs feurige Ausbrüche nicht selten im Meere selbst angetroffen und zuweilen bleibende Inseln dadurch gebildet werden. Dahin gehört die Insel *Fetlar*, nahe bei den Shetlands-Inseln, welche George Low als den Sitz eines submarinischen Vulcans betrachtet, dessen Ausbruch er selbst im J. 1774 und Bruce 1768 beobachtete[2]. Rauch und Flammen hat man oft, namentlich bei Santorin, bei den Azoren, an den Küsten von Kamtschatka, bei den Ladronen u. s. w. aus dem Meere aufsteigen gesehn; am beweisendsten aber sind die Entstehungen wirklicher Inseln aus dem Meere, z. B. der Insel Sabrina und neuerdings bei Sicilien, wovon später die Rede seyn wird. Auch an der

1 Institutions géol. T. III. p. 114.
2 Journ. de Phys. T. LXXXIX. p. 316.

Küste von Island, in der Richtung des Hecla, sah Blefkii am 19ten Nov. 1563 unter starkem Getöse und mit begleitenden Erderschütterungen eine unglaubliche Menge Feuer aus dem Meere aufsteigen, und ein ähnliches Phänomen wurde im J. 1783 beobachtet. Endlich folgert auch Daussy[1] aus wiederholt verspürten heftigen Stöſsen auf dem Meere, daſs sich etwas südlich vom Aequator unter etwa 24^0 westl. L. v. G. zwischen Cap des Palmes und Cap Saint-Roque ein submarinischer Vulcan befinde. Zugleich ist ein auf weite Strecken hin statt findender und selbst unter dem Meere hin fortlaufender Zusammenhang vieler Vulcane kaum zu bezweifeln.

L. v. Buch unterscheidet *Reihenvulcane* und *Centralvulcane*, wovon die ersteren unter sich, die letzteren mit den sie umgebenden zusammenzuhängen scheinen. Einen solchen Zusammenhang der Vulcane, und daſs nur selten einzelne isolirt angetroffen werden, hat insbesondere A. v. Humboldt[2] zuerst sehr genau nachgewiesen, dessen Forschungen in diesem Gebiete der Naturwissenschaften überhaupt zu den reichsten und gründlichsten zu zählen sind. So gehören nach ihm die von Neapel und Sicilien zusammen, die der canarischen, der azorischen Inseln, der kleinen Antillen, die mexicanischen, die von Guatimala und von Quito. Die sämmtlichen Vulcane der canarischen Inseln sind bloſse Krater eines unter dem Meere befindlichen Centralvulcans, dessen Brand im 16ten Jahrhundert abwechselnd auf *Palma*, *Lanzerote* und *Teneriffa* zum Ausbruche kam. Einen Zusammenhang zwischen dem Vesuv, den liparischen Inseln und dem Aetna kann man aus ihren wechselnden Ausbrüchen leicht folgern, und vorzüglich ist ein solcher bei manchen americanischen Reihen sehr auffallend, die zuweilen das Ansehn haben, als wären sie auf einem Hohlwege oder einer Spalte emporgetrieben, wobei noch der Umstand bemerkenswerth ist, daſs ihre Reihenfolge bald mit der allgemeinen Reihenfolge der Cordilleren zusammenfällt, bald auf dieser fast lothrecht steht. Hiernach würde der er-

1 Compt. Rend. T. VI. p. 512. Poggendorff Ann. XLV. 349.

2 Ueber den Bau und die Wirkungen der Vulcane. Berl. 1823. In Berliner Denkschriften. 1822 u. 1823. S. 137. Vergl. Edinburgh New Phil. Journ. N. X. p. 222.

Digitized by Google

habene Theil von Quito nicht aus einzelnen Vulcanen bestehn, sondern aus einer gemeinschaftlichen, von Norden nach Süden sich erstreckenden Wölbung, über welcher der Cotopaxi, Tungurahua, Antisana und Pichincha als einzelne Oeffnungen sich erheben und aus deren einem oder dem andern die vulcanischen Erzeugnisse ihren Ausgang nehmen. Als einen Beweis für den innern Zusammenhang mancher Gruppen oder Reihen von Vulcanen betrachtet v. Humboldt[1] die Folge und den Wechsel ihrer Ausbrüche. So war z. B. am 27sten Sept. 1796 ein vulcanischer Ausbruch auf Guadaloupe, im November fing der Pasto an zu rauchen, am 14ten December war die Zerstörung von Cumana und am 4ten Febr. 1797 die von Riobamba, nachdem der 16 franz. Meilen davon entfernte Pasto, gleichsam als sey er verstopft, zu rauchen aufgehört hatte. Auf gleiche Weise erhob sich am 30. Jan. 1811 die Insel Sabrina bei den Azoren mit gleichzeitiger Erschütterung der 200 franz. Meilen westlich liegenden Antillen, im Mai begann das Erdbeben auf St. Vincent, und hierauf folgten in der Mitte Decembers die Erschütterungen im Thale des Missisippi und Ohio, die bis 1813 dauerten, wie nicht minder auf die am 26sten Dec. 1811 anfangenden Erdbeben in Caracas am 26sten März 1812 die Zerstörung von Caracas und am 30sten April der Ausbruch des Vulcans St. Vincent folgte. Diese Zerstörungen, die sich über einen Landstrich zwischen 5° und 36° nördl. B. und 29° bis 89° westl. L. v. G. verbreiteten, betrachtet v. Humboldt[2] als von einem ausgedehnten und tiefen vulcanischen Systeme ausgehend. Mit dem Entstehen der Insel Sabrina und der Zerstörung von Caracas fielen zusammen die steten Erdbeben in den Thälern des Missisippi, Ohio und Arkansas seit dem 16ten Dec. 1811 und die mit unterirdischem Donner verbundenen in Tenessee, Kentucky, Neumadrid und Little-Prairie, die bis 1813 dauerten, und das Erdbeben, welches Caracas zerstörte, verbreitete sich über die Provinzen Venezuela, Varinas, Maracaibo und die Gebirge im Innern des Landes. Eben dahin gehört die weite Verbreitung des Erdbebens von 1755, welches seinen Hauptsitz in Lissabon hatte, und das Auswerfen des Erdpechs ins

1 Reisen. Deutsche Ueb. Th. III. S. 32.
2 Relation histor. Liv. V. chap. 1.

Digitized by Google

todte Meer bei den Erdbeben in Syrien, wodurch Palästina gegen die zerstörenden Wirkungen der letzteren geschützt wird. Zuweilen scheinen sich die vulcanischen Operationen in langen unterirdischen Zügen weiter zu verbreiten[1], ja aus dem Zusammenhange ausgebrannter und thätiger älterer und neuerer Vulcane lieſse sich ohne groſse Schwierigkeit eine fortschreitende Erhebung des gegenwärtig trocknen Landes aus dem Meere nachweisen, wenn es zweckmäſsig wäre, auf eine solche, nothwendig sehr viel Hypothetisches enthaltende Theorie die erforderliche Mühe zu verwenden. Eine neue Ansicht dieses Problems hat Bylandt Palsterkamp[2] aufgestellt, worüber jedoch, so viel ich weiſs, die Sachverständigen noch nicht abgeurtheilt haben. Hiernach giebt es zwei vulcanische Centralpuncte, einen orientalischen unter der Insel Celebes und einen occidentalischen im Meer der Antillen über der Insel Jamaica, von welchen beiden aus in Radien, nach der Kreistheilung gezogen, die übrigen Vulcane *vertheilt* seyn sollen, was jedoch in gröſster Strenge schwer durchzuführen seyn dürfte. Noch schwieriger läſst sich der gleichfalls geäuſserte Zusammenhang zwischen den periodischen Winden, so wie den Meeresströmungen und der Lage der Vulcane nachweisen, unmöglich aber ist dieses in Beziehung auf die magnetischen Curven. Einen Zusammenhang aller Vulcane unter einander hat Ordinaire[3] nachzuweisen gesucht, Sickler[4] aber ordnet sie nach Aequator und Meridianen, worauf hier weiter prüfend einzugehn nicht zweckgemäſs seyn dürfte.

Die Erscheinungen, welche tobende Vulcane darbieten, sind einander sehr ähnlich, unterscheiden sich meistens nur durch gröſsere oder geringere Heftigkeit und bestehn im Allgemeinen im Aufsteigen von Rauch, Wasserdampf und Feuersäulen, im Ergusse von Laven und im Auswerfen einer über alle Vorstellung hinausgehenden Menge von Asche, mit kleinen und gröſseren Steinen vermengt, wozu dann insbesondere noch die begleitenden oder vielmehr mit ihnen wechselnden

---

1 D'Aubuisson Traité de Géognos. T. III. p. 218.

2 Théorie des Volcans. Hauptsächlich T. I. Avant-propos.

3 Histoire naturelle des Volcans. Par. 1802. 8.

4 Ideen zu einem vulcanischen Erdglobus u. s. w. Weimar 1812. 8.

Digitized by Google

Erdbeben kommen. Sie sind so oft und so genau in Schriften und öffentlichen Blättern beschrieben, daſs eine Mittheilung derselben hier überflüssig erscheinen muſs[1]. Im Allgemeinen sind ferner die kleineren Vulcane die unruhigsten, die gröſsten am ruhigsten und selten tobend, aber desto furchtbarer, je seltener dieses einmal geschieht. Der Stromboli wirft unausgesetzt Feuer, Rauch und Asche aus, der Vesuv häufig, der Aetna selten und der Pico di Teneriffa zeigte erst nach einer Ruhe von 92 Jahren wieder einen Ausbruch[2]. Eine Rauchwolke über dem Vesuv erregt kaum Aufmerksamkeit, da er oft zwei bis drei Jahre anhaltend raucht und in geringer Menge Schlacken auswirft, so daſs man zuweilen nicht unterscheiden kann, ob ein solcher Ausbruch während eines Erdbebens in den Apenninen stärker oder schwächer wird, die Vulcane in den Cordilleren dagegen ruhn meistens zehn Jahre und darüber, nachdem sie einige Minuten Schlacken ausgeworfen haben, und zwischen ihren stärkeren Ausbrüchen liegen meistens 30 bis 40 Jahre Zwischenraum[3]. Die Ursache hiervon ist vermuthlich die, daſs in den unermeſslich groſsen Räumen dieser Vulcane die stärksten Verbrennungsprocesse vorgehn können, ohne daſs die Spuren hiervon äuſserlich sichtbar werden, wiewohl auch noch andere Bedingungen hierbei mitwirken können. Im Ganzen übersteigen die Wirkungen der gröſseren Feuerberge alle Vorstellungen und Hamilton sagt hierüber mit Recht, daſs 1000 Menschen in 10000 Jahren nicht solche Veränderungen hervorzubringen vermögend seyn würden, als der Vesuv bei seinem Ausbruche im Jahre 1794 in wenigen Stunden.

Die vorzüglichsten Ausbrüche des Aetna und des Vesuv sind bereits oben bei der Nennung dieser Feuerberge erwähnt worden, vielleicht giebt es aber überhaupt keine verheerenderen und furchtbareren, als die der isländischen, weil diese mit zu den gröſsten gehören und fast alle wegen ihrer Höhe und ihrer

1 Vergl. Ducarla in Journ. de Phys. T. XX. Besonders Hamilton a. a. O. Leop. v. Buch in Bibl. univ. T. XVI. p. 227. Nach Letzterem bestehn vier Perioden: 1) Erdbeben; 2) Auswurf von Lava aus der Seite des Vulcans; 3) Ausbruch der Asche aus dem groſsen Krater; 4) das Aufsteigen der Mofetten.

2 Bakewell Einleitung u. s. w. S. 174.

3 v. Humboldt Reisen. Deutsche Ueb. Th. III. S. 29.

Digitized by Google

nördlichen Lage mit Schnee bedeckt sind, dessen Schmelzen dann die Feuersnoth mit der durch Wasser erzeugten vereint. Im August 1827 fing das Toben des *Oeräfa-Yökul* mit heftigen Erdbeben an, es folgten Fluthen des durch die erzeugte Hitze geschmolzenen Eises und Schnees, demnächst senkten sich die Eismassen selbst herab, und dann erst begann der Berg glühende Asche und Steine umherzuschleudern, welche drei Tage lang den Himmel so verdunkelten, daſs bloſs das Feuer des Vulcans selbst einige Hellung gab. Gegen die ausgeworfenen Substanzen schützten sich die Menschen beim Ausgehn durch Kübel, Eimer, Körbe und Tischplatten, aber gegen das siedende Wasser, welches an einigen Gegenden herabströmte, war kein Schutz zu finden, und einige davon überraschte Unglückliche wurden im eigentlichen Sinne gesotten [1]. Beim Ausbruche des *Katlegiaa* im Oct. 1755 gingen gleichfalls Erderschütterungen voran, dann stiegen Flammen aus drei Oeffnungen des Berges empor, zugleich wurde durch die Hitze eine solche Menge Eis geschmolzen, daſs eine 4 Meilen breite Fluth, welche mächtige Eisblöcke und darin sitzende Felsblöcke fortwälzte, das Land vom Berge bis zum Meere bedeckte. Auſser der Asche wurde auch eine Menge Bimsstein, mitunter in 3 Pfund schweren Stücken, ausgeworfen, vorzugsweise aber beobachtete man eine Menge der den Vulcanen eigenthümlichen *Feuerkugeln*, aus denen beim Zerplatzen dicke Steine herabfielen. Hierbei ereignete sich auch das merkwürdige Phänomen, daſs auf den Aschenregen ein Hagelschauer folgte und in den meisten Hagelkörnern ein kleiner Stein den Kern bildete. Auch damals erzeugte die Menge der Asche eine Finsterniſs in denjenigen Gegenden, wohin sie durch den Wind getrieben wurde, das Brüllen des Berges hörte man aber bis auf 30 Meilen Entfernung [2]. Ein minder heftiger Ausbruch war der des *Eiafield's-Yökul* [3] im J. 1821, am furchtbarsten aber und alle Vorstellung übersteigend war der sogenannte *Erdbrand* im Jahre 1783, als mehrere Vulcane gleich-

---

1 S. Thorlakson's Beschreibung in: ökonomische Reisen in Island. Kopenh. 1780. 4. Henderson Island. Th. I. S. 201.

2 Ohlsen und Povelsen Reise. Deutsche Ueb. Kopenh. 1774. II T. 8.

3 Ann. of Phil. N. S. T. III. p. 401. Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 397.

Digitized by Google

zeitig tobten und auch die dazwischen liegenden Ebenen Feuer auswarfen[1]. Die Masse des aufsteigenden Rauches war so groſs, daſs triftige Gründe die Meinung derer unterstützen, welche den über ganz Europa und selbst noch weiter verbreiteten trocknen Nebel dieses Jahres hiervon ableiten[2].

Bei dem Ausbruche des *Tanbora* auf der Insel Sumbawa im April 1815 wurde die Asche über einen groſsen Theil der benachbarten Inseln Java, Celebes, Sumatra und Borneo bis auf 1000 engl. Meilen weit verbreitet und auf 300 Meilen im Umkreise war die Luft so mit Asche erfüllt, daſs man die Sonne nicht sehn konnte und daſs Straſsen, Häuser und Fluren bis zu einer beträchtlichen Höhe mit diesem feinen Staube überdeckt waren. Man muſste der Finsterniſs wegen stets Licht brennen, hörte ein anhaltendes, dem Donner ähnliches Getöse, von den 12000 Einwohnern der Umgegend retteten sich kaum 10 und die ganze Westseite der Insel wurde ihrer Vegetation beraubt[3]. Der letzte Ausbruch des *Pico di Teyde* im J. 1793 hielt zwei Monate an. Sein oberster Krater ruht zwar seit Jahrhunderten, allein tiefer unten haben sich drei neue kleinere gebildet, aus denen damals hausgroſse Steine zu einer Höhe geschleudert wurden, die man auf 4000 Fuſs berechnete, weil sie 12 bis 15 Secunden zum Niederfallen gebrauchten. Solche Steine und eine groſse Menge Bimsstein bedecken eine Fläche von drei engl. Quadratmeilen und machen die Kuppel zur Einöde, während unten Lorbeeren, Banianen, Palmen, Drachenbäume und sonstige Bäume, Gesträuche und Pflanzen in üppiger Vegetation wachsen[4]. Der *Schwefelberg* auf St. Vincent hatte schon seit geraumer Zeit aufgehört, für einen Vulcan zu gelten, weil er mit Bäumen bewachsen war und häufig zum Vergnügen besucht wurde, als am 30sten April 1812 plötzlich ein starker Ausbruch erfolgte. Dieser kündigte sich zuerst durch einen vermehrten Schwefeldampf an, hierauf folgte, wie gewöhnlich, eine hohe Säule von Rauch und Flammen, bald floſs die Lava

1 Vergl. Zimmermann Taschenbuch der Reisen. 1804.

2 Vergl. *Nebel, trockner*. Bd. VII. S. 49.

3 Steward in Trans. of the liter. Soc. of Bombay T. I. N. 5. Edinb. Phil. Journ. N. VI. p. 389.

4 V. Humboldt Reisen. Deutsche Ueb. Th. I. im Anf.

aus, von welcher ein Strom schon in 4 Stunden das Meer erreichte, während ein zweiter eine andere Richtung nahm. Alles dieses war von stetem Beben des Bodens und einem starken Aschenregen begleitet, so daſs ein groſser Theil der Insel dadurch verwüstet wurde[1]. Beim Toben des Riesenvulcans *Cotopaxi*, welcher noch 300 Meter höher ist, als wenn man den Vesuv auf den Pico di Teneriffa setzte, erhob sich im Jahre 1738 eine Feuersäule bis zu 900 Meter über den Rand des Kraters, am 4ten April 1764 aber wurde die Luft durch die ausgeworfene Asche so verfinstert, daſs die Bewohner der Städte Hambato und Takunga bis 3 Uhr Nachmittags mit Laternen gehn muſsten. Im Jahre 1803 fing nach mehr als zwanzigjähriger Ruhe die Explosion damit an, daſs nach Verlauf einer einzigen Nacht die sonst mit Schnee bedeckten Wände des oberen Kegels sich in der eigentlichen Schwärze verschlackter Laven zeigten. V. Humboldt und Bonpland hörten im Hafen von Guayaquil, 250 franz. Meilen in gerader Richtung vom *Rande des* Kraters, das entsetzliche Brüllen des Berges, *welches dem* Getöse abgefeuerter Batterien glich, und selbst auf der Südsee, südwestlich von der Insel de la Puna, war das Toben noch hörbar.

Unter die Wirkungen der Vulcane rechnet man hauptsächlich das Erheben ganzer Strecken und die Bildung neuer Inseln, von denen man glaubt, daſs sie ihre Existenz einem Emporsteigen aus der Tiefe des Meeres verdanken, wie denn anderntheils namentlich Theile der Küsten oder Inseln und letztere ganz in die unter ihnen befindlichen groſsen Höhlen wieder versunken seyn sollen. Sofern wir uns bei diesen Untersuchungen auf historische Thatsachen beschränken müssen, abstrahiren wir zuerst von der Würdigung der neuesten, übrigens sehr wahrscheinlichen, geologischen Hypothese, wonach die Gesammtmasse des jetzigen trocknen Landes ursprünglich durch vulcanische Kräfte aus dem die ganze Erde bedeckenden Meere emporgehoben worden seyn soll, so daſs also die Berge am höchsten gehoben worden seyn müſsten[2], und es fragt sich vielmehr, ob seit dem Trockenlegen und während der Exi-

1 Transactions of the New-York Phil. Soc. T. I. p. 315.
2 Vergl. *Geologie.* Bd. IV. S. 1284.

Digitized by Google

stenz der groſsen Continente und der Inseln noch solche erzeugende und zerstörende Wirkungen, wodurch namentlich ganze Inseln emporgehoben oder wieder ins Meer versenkt wurden, durch vulcanische Kräfte hervorgebracht worden sind. Die Resultate der Untersuchung über den Untergang früher vorhandener Inseln sind bereits dem Zwecke genügend mitgetheilt worden[1] und gehören um so weniger hierher, je schwieriger es seyn würde, ihren Untergang durch vulcanische zerstörende Kräfte nur wahrscheinlich zu machen. Ungleich gröſsere Wahrscheinlichkeit hat dagegen die Hypothese für sich, daſs einige Länder, und vorzüglich Inselgruppen, aus dem Meere emporgehoben worden sind[2], wie unter andern namentlich von den Aleuten behauptet wird[3]. Auf jeden Fall sind die Veränderungen, welche das Feuer angerichtet hat, von sehr groſser Bedeutung.

Als Hauptphänomene dieser Art können genannt werden das Entstehn von Hügeln und selbst Bergen durch aufgehäufte Lava, Steine und Asche. So entstand namentlich im Jahre 1538 auf diese Weise der *Monte nuovo* oder *Monte di Cenere* bei Puzzuolo, dessen Höhe 2000 Fuſs erreicht, bei einem Umfange von einer halben Meile, und dennoch dauerte seine Entstehung nur 48 Stunden. Nach gröſster Wahrscheinlichkeit ist der danebenliegende *Monte Barbaro* oder *Gauro* auf gleiche Weise entstanden[4], so wie im Jahre 1795 ein Berg auf *Unalaschka*[5]. Die Krater der Vulcane und ihre höchsten Spitzen bestehn allgemein aus Lava und Schlacken, Steinen und Asche, die aus dem Innern der Berge emporgeschleudert oder über den Rand geflossen eine Erhöhung zu Wege gebracht haben, wenn gleich auf der andern Seite nicht selten groſse Massen vom oberen Theile der Vulcane wieder in die Krater hinabstürzen. Im Ganzen scheinen die Feuerberge von unten emporgehoben worden zu seyn[6], und daſs solche He-

---

1 Vergl. *Geologie*. Bd. IV. S. 1314.

2 Kant phys. Geogr. Th. II. Abth. 1. S. 438.

3 Kotzebue's Reisen. Th. II. S. 106.

4 Scip. Breislak Topogr. fisica cet. Firenze 1798. Faujas de St. Fond sur les Volcans. p. 16.

5 Langsdorff's Reisen. Th. II. S. 209.

6 Poullet Scrope ist gegen diese Ansicht und hält die vulcani-

Digitized by Google

bungen statt finden können, dieses zeigt, aufser den Phänomenen der submarinischen Vulcane, hauptsächlich die Entstehung des *Jorullo* oder *Xorullo,* worüber Al. v. Humboldt[1] uns die genauesten Nachrichten mitgetheilt hat. Dieser liegt östlich vom Pic von Tancitaro, 36 franz. Meilen von der Küste und 42 Meilen von jedem thätigen Vulcane auf einer weiten Ebene, über welche er 517 Meter emporragt. Die ausgebreitete, vorher durch ihre Fruchtbarkeit ausgezeichnete Ebene erstreckt sich von den Hügeln von Aguasarco bis fast nach Taipa und Petatlan und hat eine Höhe von 750 bis 800 Meter über der Meeresfläche. Umgebende Basalthügel und sonstige Zeichen kündigten an, dafs die Gegend schon früher durch vulcanische Einflüsse gelitten haben müsse. Die durch die spätere Katastrophe verwüstete Ebene, sehr fruchtbar und ausgezeichnet reich durch künstliche Bewässerung, gehörte zur Pflanzung (*Hacienda*) des San Pedro de Jorullo. Im Juni 1759 hörte man plötzlich ein starkes unterirdisches Getöse, begleitet von heftigen Erderschütterungen, die in Zwischenräumen von 50 bis 60 Tagen sich erneuerten, im September aber gänzlich aufhörten, als in der Nacht vom 28sten auf den 29sten das Toben wieder anfing. Die Bewohner flohen auf die Berge von Aguasarco und sahen, dafs ein Tractus von vier franz. Quadratmeilen Inhalt, welcher unter dem Namen Malpays bekannt ist, blasenartig in die Höhe gehoben wurde, so dafs sein Rand nur 39 Fufs über die Ebene Playas de Jorullo emporragt, aber die wachsende Erhebung in ihrer Mitte bis zu einer Höhe von 524 Fufs wächst. Die Augenzeugen sahen Flammen über einer Fläche von etwa einer halben Quadratlieue aufsteigen und brennende Felsstücke bis zu aufserordentlicher Höhe emporgeschleudert werden. Die Flüsse Cuitambo und San Pedro stürzten sich in die brennenden Spalten, wodurch das Feuer vermehrt zu werden schien und ein Auswurf von Schlamm mit Stücken basaltischer Felsarten vermengt eintrat. Tausende kleiner Kegel, etwa zwei bis drei

---

schen Kegel für Anhäufungen von ausgeworfenen und ausgeflossenen vulcanischen Producten; s. Considerations on Volcanos. A. a. O.

1 Essai sur la nouv. Espagne. 3me Liv. T. I. p. 243. Essai géognost. p. 351. Journ. de Phys. T. LXIX. p. 148. Bibl. Brit. T. XLI. p. 339. Edinb. Journ. of Sc. N. VII. p. 50. u. a. a. O.

Meter hoch, erhoben ſich, und aus dieſen ſtiegen heiſse Dämpfe und Gasarten auf, deren Temperatur zwar ſtets abnimmt, doch fand v. Humboldt ſie im J. 1803 noch = 95° C., auch war jeder eine kleine Fumarola, aus welcher dicker Dampf bis zu 15 Meter Höhe aufſtieg. Die Eingebornen nennen ſie Oefen (*Hornitos*). Mitten zwiſchen dieſen Fumarolen erhoben ſich 6 groſse Maſſen von 100 bis 500 Meter über der früheren Ebene; die höchſte bildet jetzt den Vulcan Jorullo, welcher fortfuhr, zu brennen und vulcaniſche Producte auszuwerfen, bis zum Jahre 1760, von welcher Zeit an ſeine Thätigkeit abnahm, ſo daſs die Einwohner wiederkehrten, obgleich anfangs die Aſche bis auf 48 franz. Meilen fortgetrieben wurde. Allmälig iſt die Gegend wieder mit Vegetabilien überzogen worden, die Hitze, die anfangs wegen der heiſsen, aus den Fumarolen ſtrömenden Luft ſehr bedeutend war, hat ſich bis jetzt ſehr vermindert, und nach dem Zeugniſſe von Bullock, der die Gegend ſpäter beſuchte[1], iſt ſelbſt die Temperatur der früher ſo heiſsen Quellen bedeutend herabgegangen, weil nach Scrope die Lava ſich allmälig abkühlt. Man zeigt noch jetzt die Flüſſe Cuitamba und San Pedro, die in jener Nacht verſanken, jetzt aber etwa 2000 Meter mehr weſtlich in der Umgebung der Hornitos als klare Mineralquellen hervorbrechen. V. Humboldt fand ihre Wärme noch 52°,7. In jener Gegend iſt auch ein Moraſt, etwa 9 Schritte breit, mit einer ſehr geſättigten Schwefelwaſſerſtoff-Quelle. Der Jorullo ſchlieſst ſich übrigens ganz der Kette der mexicaniſchen Vulcane an. Scrope hält die Entſtehung deſſelben für eine gewöhnliche Aufhäufung vulcaniſcher Maſſen, aber die Anſichten der bei weitem meiſten Geognoſten, vorzüglich vertheidigt durch L. v. Buch[2], ſind hiervon verſchieden, denn nach dieſen ſind die Krater der meiſten Vulcane von innen herauf gehoben und bloſs ihre Oberfläche iſt mit vulcaniſchen Producten bedeckt. Hierfür entſcheiden insbeſondere die Hebungen der Schichten, die man beim Hinein-

1 Vergl. Lyell's Principles of Geology. T. I. p. 378.

2 Berliner Denkſchr. 1819 u. 20. Ueber die canar. Inseln a. v. O. Poggendorff's Ann. XXXVII. 169. Edinb. New Phil. Journ. N. XLII. p. 190.

steigen in die Krater wahrnimmt, die Lava flieſst auſserdem zu schnell, um bei der starken Neigung der Flächen solcher Kegel mehr als eine dünne Schicht der glühenden Masse zurückzulassen, die übrigen ausgeworfenen Substanzen rollen aber gleichfalls zu sehr herab. Zuweilen haben auſserdem Beobachter bemerkt, daſs die Lava diejenigen Stellen des Berges, wo sie durchbricht, in die Höhe hebt und dadurch beträchtliche Hügel bildet, wie am Aetna im J. 1669 und beim Vesuv 1760 der Fall war[1]. Alle Felsarten, selbst die Urgebirge nicht ausgenommen, findet man auf diese Weise gehoben und durchbrochen. Der Monte nuovo ist hiernach keine Aufhäufung von Schlacken, sondern ein auf gleiche Weise entstandener Krater, ein sogenannter *Erhebungskrater* (*cratère d'élévation; crater of elevation*). Es würde überflüssig seyn, die vielen von den neueren Geologen auf unleugbare Thatsachen gestützten Beweise für die Hypothese einer solchen von innen bewirkten Hebung der gewölbeartig aufgetriebenen vulcanischen Berge hier zusammenzustellen[2], woraus zugleich hervorgeht, daſs die hierdurch bewirkten Veränderungen vieler Theile der Erdoberfläche ungleich bedeutender sind, als diejenigen, die durch Ausbrüche offener Krater angerichtet werden. Man begreift auch leicht, wie v. Humboldt[3] richtig bemerkt, daſs die im Innern sich entwickelnden elastischen Flüssigkeiten die Erde vor der Eröffnung der Krater stärker heben muſsten, da noch jetzt Oeffnungen gegen die Wirkungen der Erdbeben schützen.

Aehnlichen Hebungen verdanken die neu entstandenen Inseln ihren Ursprung, auch lassen sich Thätigkeitsäuſserungen der submarinischen Vulcane darauf zurückbringen. Von vielen, durchaus vulcanischen Inseln ist diese Entstehungsart im höchsten Grade wahrscheinlich, von andern aber ist sie thatsächlich erwiesen worden. In der Nähe der Insel *St. Erini* im griechischen Archipelagus häuften sich schon im J. 726 die vulcanischen Substanzen durch einen Ausbruch unter dem Meere zu einer bedeutenden Masse, wurden 1427 und 1650

---

1 Breislak Instit. Geol. T. III. p. 134.

2 S. Bischof in Edinburgh New Phil. Journ. N. I.I. p. 64.

3 Poggendorff's Ann. XLIV. 199. Vergl. Edinb. New Phil. Journ. N. XXIII. p. 197.

Digitized by Google

bei einem Erdbeben beträchtlich vermehrt und wuchsen 1707 zu einer kleinen Insel an[1]. Nach den Zeugnissen der Alten nimmt man an, daſs die Insel *Santorin* und einige benachbarte des griechischen Archipelagus aus dem Meere emporgehoben worden sind, auch wird behauptet, daſs in den Jahren 1707 bis 1708 bei einem Erdbeben eine neue Insel unweit der gröſseren aus dem Meere entstanden sey[2]; Andere ziehn dagegen die Sicherheit dieser Nachrichten in Zweifel und betrachten die Veränderungen dieser Insel während der historischen Zeit mehr als ein Zerreiſsen derselben und als ein Niedersinken einzelner Theile[3], was auch an andern Orten zuweilen vorkommt. Leopold v. Buch[4] setzt dagegen das Entstehn einer neuen Insel in jener Gegend nach den Angaben von Virlet[5] auſser allen Zweifel. Hiernach erhebt sich die Insel zwischen Mikro-Kameni und dem Hafen von Phirae auf Santorin allmälig aus dem Meere. Im Jahre 1810 war sie noch 15 Ellen unter der Oberfläche des Meeres, als aber im Jahre 1830 Virlet und der Obrist Bory die Tiefe maſsen, betrug diese nur noch etwa 4 Ellen, und seitdem hat sie so sehr abgenommen, daſs sie nach der neuesten Messung des Admirals Lalande im September 1835 nur noch zwei Ellen beträgt, wonach man das Erscheinen der Insel, deren Gipfel 2400 Fuſs von O. nach W. und 1500 Fuſs von N. nach S. miſst, gegen 1840 erwartet[6]; in geringer Entfernung von derselben ist aber die Tiefe sehr groſs, wonach man eine steil abfallende Insel zu erwarten hat. Sicher ausgemacht ist das Entstehn einer kleinen Insel in der Nähe der aleutischen Insel Umnak. Auf letzterer befand sich der russische Agent Kriukof im Jahre 1796 und sah einige Tage hindurch starken Rauch und Feuerflammen aus dem Meere aufsteigen, demnächst eine schwarze Spitze zum Vorschein kommen, welche Feuer auswarf und fortwährend an Gröſse zunahm. Im Jahr 1804 wurde sie von Jägern besucht, die sie noch heiſs fanden, 1817 aber hatte sie eine Höhe von 350 Fuſs und einen

1 Phil. Trans. T. XXVI. p. 68.
2 Sonnini Reise nach Griechenland u. d. Türkei. S. 119.
3 Vergl. d'Aubuisson Traité de Géogn. T. I. p. 405.
4 Poggendorff's Ann. XXXVII. 183.
5 Bullet. de la Soc. géol. de France. T. III. p. 109. L'Institut. 1836. N. IV. p. 169.

Umfang von 2,5 Meilen[1]. Ganz dieser Erfahrung ähnlich ist eine andere, welche Pöppig[2] mittheilt. Im Jahre 1825 erblickte man vom americanischen Schiffe des Capitains Thayer in 30° 14′ südl. B., 178° 15′ östl. L. v. G. eine unbekannte kleine Insel, aus deren Mitte sich ein dicker Rauch erhob. Die Mannschaft eines sich nähernden Bootes sah einen schwarzen, von aller Vegetation entblöſsten Felsen, welcher kaum einige Fuſs über das Wasser emporragte. Um das Boot über die Untiefe zu ziehn, sprangen die Matrosen ins Wasser, kehrten aber augenblicklich erschreckt zurück, weil das heiſse Wasser ihre Füſse empfindlich verbrannt hatte. Man sah den Rauch aus mehreren Spalten dringen, der Krater hatte 800 Schritt im Durchmesser und der submarinische Felsen zeigte sich so steil, daſs schon bei 100 Faden Entfernung kein Grund zu finden war, und dennoch betrug die Wärme des Wassers auf 4 engl. Meilen Entfernung 5° bis 8°,3 C. mehr, als die gewöhnliche unter dieser Breite. Hierher gehört ferner die groſse basaltische, aus dem Meere gehobene Masse, *Tristan d'Acunha* genannt, im südlichen atlantischen Meere, welche der Capitän Carmichael im Jahre 1816 untersuchte. Sie hat 9 Lieues im Umfange bei einer Höhe von 8000 Fuſs; der Rand des mit Wasser gefüllten Kraters aber hält 150 Ellen im Durchmesser[3]. Am 12ten Febr. 1839 bemerkte Escoffié, Commandant einer chilesischen Brick im Südmeere, Valparaiso gegenüber ein Erdbeben, gegen Abend aber erhob sich ein Felsen aus dem Meere, um welchen herum mehrere Inselchen, hauptsächlich in der Richtung von S. nach N., emporkamen. Die ganze Gruppe hatte eine Ausdehnung von ungefähr 9 engl. Meilen, die höchste Spitze ragte etwa 400 Fuſs über den Meeresspiegel hervor, auch zeigten sich bei Nacht ähnliche feurige Erscheinungen, als bei vulcanischen Ausbrüchen[4]. Auſser dieser, aus öffentlichen Blättern entnommenen Nachricht ist bis jetzt noch nichts weiter über diese Inselchen bekannt geworden.

---

1 Kotzebue's Reise. Th. II. p. 106.

2 Dessen Reise. S. 164. L. v. Buch a. a. O.

3 Aus Trans. of the Linn. Soc. T. XII. in Bylandt Palstercamp Théorie des Volcans. T. II. p. 327.

4 L'Institut. 7me Année N. 280. p. 248.

Digitized by Google

Solche aus dem Meeresboden emporgehobene Inseln erreichen zuweilen die Oberfläche des Wassers nicht, und in diesem Falle sieht man bloſs Flammen und Rauch aufsteigen, zuweilen aber erheben sie sich wirklich aus dem Meere, erhalten sich längere oder kürzere Zeit und sinken dann wieder in die Tiefe hinab. Als merkwürdigstes Beispiel dieser Art kann das wiederholte Entstehn und Untergehn einer kleinen Insel neben der azorischen St. Miguel betrachtet werden; sie erhob sich, der früheren möglichen oder wahrscheinlichen Fälle nicht zu gedenken, bereits im Jahre 1628 und 1721, ging aber beide Male wieder unter[1], im J. 1811 aber kam sie wieder empor und schien so bedeutend, daſs der Capitain Tillard sie *Sabrina* nannte und für England in Besitz nahm, worauf sie jedoch abermals verschwand. Ihre Gröſse betrug damals 900 Toisen Durchmesser und 15 Toisen Höhe[2]. Zuletzt kam sie im J. 1819 unter furchtbaren vulcanischen Ausbrüchen abermals empor, erhielt sich aber nur kurze Zeit[3], und ihr Besitz dürfte daher nicht eben von Wichtigkeit zu seyn scheinen, bis sie erst mehr bleibende Dauer erhalten hat. Bei Island, namentlich während des heftigen Erdbebens 1783, hat man mehrere Inseln aus dem Meere emporkommen gesehn, die aber nach kurzer Zeit wieder untergingen[4]. Es liegt übrigens in der Natur der Sache, daſs solche blasenartig aufgetriebene Gewölbe unter gegebenen Umständen wieder einstürzen, wovon es mehrere Beispiele giebt. So versank im J. 1638 der auf 15 Meilen sichtbare Pic auf Timor[5] und 1772 ein Berg nebst mehreren Dörfern auf Java, im Ganzen aber sind solche Katastrophen in der Geschichte der Vulcane nicht eben selten[6].

Die neueste, allgemein mit höchstem Interesse aufgenom-

---

1 V. Humboldt Reisen. Deutsche Ueb. Th. III. S. 5. Montagne, franz. Consul in Lissabon, erzählt von dem Entstehen dieser Insel im J. 1721, die aber 1722 wieder unterging. Bibl. univ. 1837. l'Institut. VI. Ann. N. 223. p. 96.

2 Philos. Trans. 1812. p. 153. G. XLII. 405.

3 Brugnatelli Giorn. 1821. p. 13.

4 Zimmermann Taschenbuch der Reisen 1809. S. 2. V. Hoff Veränderungen d. Erdoberfläche. Th. II. S. 394.

5 Ordinaire Hist. Nat. des Volcans. p. 180.

6 Buffon Hist. Nat. Suppl. I. p. 387. V. Hoff a. a. O. Th. II.

Digitized by Google

Fig. 293. mene Nachricht über eine neu entstandene Insel betrifft diejenige, welche sich im J. 1831 in der Nähe von Sicilien zwischen dieser Insel und Pantellaria in 37° 7',5 nördl. B., 12° 44' östl. L. v. G. erhob[1]. Am 11ten Juli spürte man zuerst einige leichte Erdstöſse an der Küste von Sciacca nach Marsala, 14 Tage später aber wurde die Luft trübe und verbreitete einen Geruch nach Schwefel, eine Folge des vom 13ten dieses Monates ungefähr 25 engl. Meilen südlich von Sciacca wahrgenommenen, mit Getöse aus dem Meere aufsteigenden Rauches. Schon am 19ten Juli zeigte sich der nur erst etliche Fuſs hohe Krater über dem Meere, da wo man auf einem englischen Schiffe schon am 26sten März einige Erdstöſse verspürt haben wollte. Vom 19ten Juli bis 16ten Aug. war der Vulcan stets thätig und wurde aus Neugierde, hauptsächlich von Malta aus, wohl täglich beobachtet, wobei er noch am 15ten in voller Thätigkeit erschien, am 17ten aber gänzlich ruhte. Später, vom 20sten Aug. bis zum 3ten Sept., konnte der entstandene Vulcan *betreten werden*, und so war es möglich ihn zu zeichnen und seine Gröſse auszumessen.
Fig. 293. Nach engl. Maſs betrug der Umfang der neuen Insel 3240 Fuſs, ihre gröſste Höhe 150 Fuſs und der Umfang des Kraters 780 F. Der Capitän Wodehouse, welcher diese Messungen veranstaltete, fand die Oberfläche ziemlich abgekühlt, gänzlich mit Asche und verbrannten Massen bedeckt, ohne alle Lava; im Krater war schmuziges Salzwasser von 93° C. Wärme enthalten, aus welchem stets Wasserdampf und Gasblasen aufstiegen. So weit man sondiren konnte, hatte das Wasser nicht mehr als etwa 3 bis 4 Fuſs Tiefe und der Krater war augenscheinlich durch die vom Rande hineingefallenen Massen ausgefüllt. Sonstige Veränderungen im Verhalten der benachbarten Vulcane konnten nicht mit Sicherheit ermittelt

---

1 Unter den vielen Berichten nenne ich vorzugsweise den von John Davy in Philos. Trans. 1832. p. 237 ff. Edinb. New Phil. Journ. N. XXII. p. 365. und von Gemmellaro in v. Leonhard und Bronn Jahrbuch 1832. S. 62., so wie dessen Relazione dei fenomeni del nuovo Vulcano sorto dal mare fra la costa di Sicilia e l'isola di Pantellaria nel mese di Luglio 1831. Catania 1831. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Nachrichten über diese Insel, die *Corrao*, *Nerita*, *Isola Ferdinandea*, *Graham Island*, *Hotham Island* und *Julia* genannt wurde, findet man in Poggendorff's Ann. XXIV. 65.

werden, obgleich manche, nachher unbegründet befundene Nachrichten darüber verbreitet wurden. Als John Davy den Vulcan während seiner gröſsten Thätigkeit selbst besuchte, sah er dicken weiſsen Dampf aufsteigen, welcher sich in der Luft bis auf eine geringe bleibende Trübung gänzlich auflöste, abwechselnd mit dicken schwarzen Rauchmassen, die bis zu 3000, ja wohl 4000 Fuſs Höhe emporgetrieben wurden, und dann schien sich auch zuweilen eine nur wenig helle Flamme zu zeigen. Die See umher war an der Windseite völlig klar, aufsteigende Blasen wurden nicht wahrgenommen, das unterirdische Getöse war nicht bedeutend, glich am meisten dem durch schwere Lastwagen erzeugten und wurde durch den Donner, welcher in verschiedenen Richtungen als Folge der in der Eruptionsatmosphäre ausbrechenden Blitze hörbar war, weit übertroffen. Von einer Entzündung des etwa in dem Dampfe vorhandenen Wasserstoffgases zeigte sich keine Spur, unter dem Winde aber war die See trübe und eine Menge Asche nebst verbrannten Substanzen schwamm in und auf dem Wasser. Befand sich Davy im Aschenregen selbst, so fand er diesen durchaus nicht warm, eher schien der ihn herbeiführende Wind kalt zu seyn, die Substanz war trocken und schmeckte nach etwas Salz, ein bituminöser Geruch oder ein Geruch nach Schwefelwasserstoffgas war nicht vorhanden, wohl aber zuweilen nach Schwefel. Während einer erfolgenden gänzlichen Ruhe konnte man sich der Insel ganz nähern und die Tiefe des Meeres messen, die nahe bei derselben acht Faden gefunden wurde; die wieder beginnende Thätigkeit kündigte sich durch ein Getöse an, und unmittelbar darauf folgte ein Auswurf von Dampf, Asche und Schlacken, wobei auch selbst in groſser Nähe keine Zeichen vorhandener erstickender oder stark riechender Gase vorhanden waren, obgleich die aufsteigende Masse eine vollkommene Finsterniſs erzeugte. Der Ausbruch dauerte nur wenige Minuten, doch waren die Besuchenden durchaus bedeckt mit Salzwasserdampf, kleinen Salznadeln und nasser Asche. In der folgenden Nacht konnte man bei einer bedeutenden Thätigkeit des Vulcans deutlich Flammen wahrnehmen, doch waren sie nicht hell, und die ausgeworfene Asche konnte nicht mehr als dunkelroth glühend seyn, das Getöse war indeſs bedeutend stärker und glich den Explosionen schweren Geschützes. Der englische Capitän

Senhouse betrat die Insel zuerst am 2ten August und nannte sie *Grahamsinsel.* Die untersuchten Producte, meistens Asche und poröse Lava, enthielten sämmtlich Salze, wie die des Seewassers, und etwas Schwefel; kohlenstoffhaltige Substanzen, freie Säuren und Salze waren nicht vorhanden; die Bestandtheile im Allgemeinen waren Thon, Kalk, Magnesia und Kieselerde, gefärbt durch Eisen-Protoxyd; das aufsteigende Gas bestand aus Kohlensäure, Stickgas, wenig Sauerstoffgas und etwas Schwefelwasserstoffgas, doch glaubt Davy, daſs das Stickgas und Sauerstoffgas beim Füllen der Flaschen aus der Atmosphäre hinzugekommen sey und daſs bloſs die beiden andern dem Vulcane zugehören. Nach dem Monat August veränderte sich die Gestalt des Kraters fortwährend und die Insel verschwand allmälig im December desselben Jahres während heftiger Stürme[1].

Es herrscht sehr allgemein der Glaube an einen Zusammenhang zwischen der Witterung und den *Ausbrüchen* der Vulcane, ja Manche sind geneigt, *bei ungewöhnlich* tiefen Barometerständen und heftigen Stürmen diese mit dem Toben selbst weit entfernter Feuerberge in Verbindung zu setzen. Der innige Zusammenhang zwischen den vulcanischen Thätigkeiten und den Erdbeben unterliegt keinem Zweifel, und es darf daher hier zur Erledigung dieser Aufgabe noch erwähnt werden, wie oben bereits erörtert wurde[2], daſs sich kein wechselseitiger Einfluſs zwischen der Witterung und den Erdbeben nachweisen läſst und man daher berechtigt ist, ebendieses auch auf die vulcanischen Ausbrüche anzuwenden. Auſser dem dort angegebenen Resultate der Untersuchungen von Gronau hat Kämtz[3] noch diejenigen zusammengestellt, welche v. Hoff[4], Hoffmann[5], Merian[6], Arago[7] und Moll-

1 Einige sonstige Hebungen, z. B. am Fuſse des *Gunong-Api* auf Banda, eine noch gröſsere auf *Ternate* u. a. übergehe ich. Vergl. v. Leonhard über Basaltgebilde. Th. II. S. 165.

2 S. Art. *Erdbeben.* Bd. III. S. 806.

3 Lehrbuch d. Meteorologie Th. III. Halle 1836. S. 536.

4 Poggendorff's Ann. XXXIV. 104.

5 Ebendaselbst. XXIV. 52.

6 Ueber die in Basel wahrgenommenen Erdbeben und die Erdbeben überhaupt. Basel 1834. 4.

7 Annales de Chimie et Phys. T. XLII. p. 409.

Digitized by Google

na[1] gefunden haben, wodurch die bereits erwähnte Folgerung vollkommene Bestätigung erhält. So wie von den Erdbeben, kann man auch von den vulcanischen Ausbrüchen sagen, daſs sie von den Jahreszeiten und den Wechseln der Witterung ganz unabhängig sind und auf den Zustand der Atmosphäre im Ganzen keinen Einfluſs ausüben, weil das Luftmeer viel zu groſs ist, als daſs ein im Verhältniſs hierzu kleiner Feuerberg eine auf beträchtliche Entfernung merkbare Veränderung hervorzubringen vermöchte. Kries[2] ist derselben Meinung, und daſs die Erdbeben, sowie die vulcanischen Ausbrüche, keinen Einfluſs auf den Barometerstand haben können, ist bereits durch v. Humboldt[3], Rulin[4] und Andere genügend nachgewiesen worden. Dagegen ist aus der Erfahrung hinlänglich bekannt, daſs die unglaubliche Menge des aus den Vulcanen aufsteigenden Wasserdampfes in nächster Umgebung wässerige Niederschläge mit den sie begleitenden Blitzen und Gewittern erzeuge, auch ist bereits als kaum zweifelhaft zugestanden, daſs namentlich der Höhrauch im Jahre 1783 eine Folge der vulcanischen Ausbrüche auf Island gewesen sey. War jener Sommer indeſs durch Hitze und Dürre ausgezeichnet, so kann dieses nicht als Folge des trocknen Nebels betrachtet werden, sondern letzterer konnte nur unter den gegebenen Bedingungen sich so weit verbreiten, da er durch Nässe vielmehr niedergeschlagen worden seyn würde. Wenn aber behauptet wird, die Vulcane seyen thätiger bei feuchtem und trübem Wetter, und namentlich rauche dann der Stromboli stärker, so zeigt Kämtz sehr einfach die hierbei zum Grunde liegende Täuschung; denn die Menge des aus den Kratern aufsteigenden Wasserdampfes wird in feuchter und trüber Luft nicht so leicht und schnell aufgelöst, als in trockner und heiterer, der erzeugende Vulcan ist daher dann nur scheinbar in gröſserer Thätigkeit.

Den Zusammenhang der *Erdbeben* mit den Processen im Innern der Vulcane, wo nicht ausschlieſslich, doch haupt-

1 Naturgeschichte von Chili. S. 29.

2 F. Kries de nexu inter terrae motus vel montium ignivomorum eruptiones et statum atmosphaerae. Acta Soc. Jablon. Nova. Lips. 1832. 4. T. IV. p. 40.

3 Voyage T. I. p. 311. Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 190.

4 Ann. de Chim. et Phys. 1829. Dec. p. 412.

Digitized by Google

sächlich der noch thätigen, im Einzelnen nachzuweisen verlohnt sich kaum der Mühe, da die Sache wegen der groſsen Menge der hierüber vorhandenen Thatsachen für allgemein bekannt gelten kann, auch ist das Wichtigste, was sich hierauf bezieht, bereits in einem eigenen Artikel[1] und oben bei der Erwähnung des Zusammentreffens beider Phänomene nach von Humboldt's Ansicht gesagt worden. Eine nähere Betrachtung verdienen jedoch die durch Hoffmann[2] mitgetheilten Resultate aus den 40 Jahre hindurch, von 1792 bis 1832, von Piazzi und Cacciatore zu Palermo geführten meteorologischen Registern. Aus diesen ergiebt sich, daſs von den 57 während dieser Periode angemerkten Erdbeben eine verhältniſsmäſsig groſse Menge in den März fällt, ohne daſs die Herbstnachtgleichen sich durch eine gröſsere Zahl derselben merklich auszeichnen. Ein merklicher Einfluſs der Erdbeben auf den Stand oder die Schwankungen des Barometers geht auch aus diesen Beobachtungen nicht hervor, *höchst interessant* sind aber die Resultate, die sich in *Beziehung* auf die Richtung der Erdbeben ergeben. Um diese zu bestimmen, dient der von Cacciatore erfundene *Sismograph*[3] (von *σεισμός*, Erschütterung und *γράφω*, ich schreibe) ein hölzernes, kreisrundes, etwa 10 Zoll im Durchmesser haltendes flaches
Fig. 294. Becken, welches am Rande von 8 Löchern durchbohrt ist, die mit ebenso vielen im äuſseren dicken Wulste eingeschnittenen Rinnen verbunden sind. Unter einer jeden Rinne steht ein Becher, und diesemnach ruht der Apparat vermittelst dieser Becher auf einer starken Bodenplatte, die an einem gegen zufällige Erschütterungen möglichst gesicherten Orte so hingestellt wird, daſs die Richtung der Löcher mit den Weltgegenden zusammenfällt. Durch die Erderschütterungen wird das Quecksilber in dem Becken nach denjenigen Löchern hingetrieben, die in der Richtung der Erdstöſse liegen, und hiernach ergab sich in 27 Fällen diese viermal von S. nach N.,

1 S. Art. *Erdbeben*. Bd. III. S. 800.

2 Poggendorff's Ann. XXIV. 49.

3 Ein ähnlicher Apparat, *Sismometer* genannt, vermittelst dessen die Stärke der Erdbeben durch die Menge des ausgeschleuderten Quecksilbers gemessen wird, ist von Collier angegeben, s. l'Institut 1834. N. 49.

Digitized by Google

ebenso oft von SW. nach NO. und neunzehnmal von O. nach W., so daſs man wegen der letzteren überwiegend groſsen Zahl nicht wohl umhin kann, die Ursache der Erderschütterungen in dem Herde des östlich von Palermo liegenden Aetna zu suchen. Vor dem gewaltsamen Ausbruche dieses Vulcans im Jahre 1819 gingen eine Menge Erschütterungen voraus, welche sämmtlich die Richtung von O. nach W. hatten, und vor dem Emporkommen der kleinen Insel in 70 Miglien Entfernung lagen die Richtungen der Erdbeben in einer nach jener Gegend hin sich erstreckenden Linie. Nach Bischof[1] wirken die Erdbeben zerstörender auf lose als auf feste Felsarten und haben, von Vulcanen ausgehend, häufig die Richtung der Bergzüge; Boussingault[2] aber meint, daſs die zahlreichen Erdbeben in America zum groſsen Theile von Einstürzen herrühren, indem die blasenartig emporgehobenen Massen wieder in die unter ihnen entstandenen Höhlungen herabſallen.

Vulcanische Erzeugnisse.

Die Vulcane ruhn selten gänzlich, und es läſst sich zuweilen kaum bestimmen, ob sie noch zu den thätigen zu zählen sind; bei weitem die meisten toben nach unbestimmbaren Zwischenzeiten mit groſser Heftigkeit, stoſsen aber stets Dämpfe und Gasarten aus, und zwar viele in solcher Menge, daſs man sie ohne Unterlaſs dampfen sieht. Vor einem eigentlichen Ausbruche geht fast allezeit eine Erderschütterung vorher, der aufsteigende Rauch nimmt an Menge und Dichte bis ins Unglaubliche zu, man hört unterirdisches starkes Getöse und mit einem heftigen Knalle entzündet sich die Masse der aufsteigenden elastischen Flüssigkeit, worauf dann das Auswerfen der feurig-flüssigen und glühenden Substanzen folgt. Diese Erscheinungen sowohl, als auch die Erzeugnisse der feuerspeienden Berge unterscheiden sich zwar sehr durch ihre Groſsartigkeit und Menge, sind aber im Ganzen mindestens sehr ähnlich, und es ist daher zulässig, die vulcanischen Producte im Allgemeinen aufzuzählen[3].

1 Edinburgh New Philos. Journ. N. LII. p. 353.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LVIII. p. 83.

3 Zu den älteren Untersuchungen der vulcanischen Producte gehört

Digitized by Google

1) Die Menge der aus den Kratern tobender Vulcane aufsteigenden *elastischen Flüssigkeiten* übersteigt alle Vorstellung, wie sich leicht ergiebt, wenn man berücksichtigt, daſs diese nicht selten bis zu einer Höhe von mehr als einer halben geographischen Meile emporgeschleudert werden[1]. Bei weitem der gröſste Theil hiervon ist Wasserdampf, dessen Niederschläge durch erfolgte Abkühlung die zahlreichen Blitze in der unermeſslichen Rauchmasse und förmliche Gewitter nebst Regenschauern erzeugen, wovon bereits oben beim Vesuv ein auffallendes Beispiel angeführt worden ist. Die zugleich aufsteigenden sogenannten permanenten Gasarten sollen aus Wasserstoffgas und Kohlensäure mit schwefliger und Salzsäure vermischt bestehn[2]; inzwischen ist es kaum möglich, diese Gasarten zur näheren Untersuchung aufzufangen, und die eigentliche Beschaffenheit derselben wurde daher noch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit untersucht. John Davy fand in dem Gasgemenge, welches aus dem neuen Vulcane bei Sicilien ausströmte, kein Wasserstoffgas, konnte auch nicht bemerken, daſs die Blitze in der Dampfmasse irgend eine Entzündung dieses so leicht verbrennlichen Stoffes bewirkten, und die Anwesenheit desselben wird daher überhaupt zweifelhaft. Von der andern Seite aber läſst sich kaum denken, daſs die in starker Glühhitze befindlichen Substanzen im Innern der Vul-

die von T. Bergmann in Nov. Acta Reg. Soc. Ups. T. III. und in Opusc. T. III. p. 200. Nach G. Bischof zeigen sich die Vulcane in drei verschiedenen Stadien. Im ersten liefern sie Lava, Asche u. s. w. nebst Wasserdampf, im zweiten als *Solfataren* Wasserdämpfe, Kohlensäure und Schwefelwasserstoffgas, im dritten bloſs Kohlensäure. S. die Wärmelehre des Innern unserer Erde. Leipz. 1837. S. 336. Ueber die Erzeugnisse der Vulcane s. Maravigna in Giorn. di Scienze cet. per la Sicilia. N. III. p. 223. N. IV. p. 3.

1 Eine werthvolle Angabe hierüber ist die von Vargas Bedemar in: Om vulkaniske Producter fra Island. Kiöb. 1817, wonach die Feuer- und Rauchsäule von Island im J. 1783 auf 34 Meilen Entfernung gesehn wurde, was einer Höhe von fast 16000 Fuſs zugehört. S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 838.

2 Breislak Inst. Geol. T. III. p. 69. Eine ausführliche Untersuchung der Gasexhalationen bei vulcanischen Eruptionen und der Vulcane überhaupt von G. Bischof findet man in Schweigger's Journ. Th. LXVI. S. 125 u. 225 ff. Vergl. L. v. Buch geognostische Beobachtungen Th. II.

Digitized by Google

cane von dem reichlich vorhandenen Wasser nicht einen Theil zersetzen, sich den Sauerstoff aneignen und dadurch Wasserstoffgas frei machen sollten; dieses müſste dann allerdings aufsteigen, würde aber beim Zutritt atmosphärischer Luft in Folge der vorhandenen Hitze an der Mündung der Krater wieder verbrennen und könnte also mit zur Ernährung der unermeſslichen Flammen dienen, welche sich zuweilen über brennenden Vulcanen erheben. Ist die Intensität des Glühens geringer, so findet keine oder nur eine unmerkliche Zersetzung des Wassers statt, das Wasserstoffgas fehlt, ebendaher auch die stark brennende Flamme, und John Davy fand demnach dieses Gas bei seiner Untersuchung nicht.

Die übrigen, in dem aufsteigenden Dampfe enthaltenen Gasarten machen sich durch ihre erstickende Eigenschaft kenntlich, weswegen es gefährlich ist, sich bis in ihren Bereich den tobenden Kratern zu nähern. Nach John Davy's erwähnten Versuchen ist Kohlensäure ein Hauptbestandtheil derselben, ja es läſst sich annehmen, daſs sie dem Wesen nach ganz hieraus bestehn. Als Beimischung ist dann in nicht geringer Menge salzsaures und schwefligsaures Gas vorhanden, die sich beide durch ihren Geruch ankündigen. Das hieraus bestehende Gemenge wirkt nicht bloſs erstickend, sondern zerstört auch die Vegetation und ist zugleich so viel specifisch schwerer, daſs es in Canälen abflieſst, weswegen ein Gärtner am Vesuv seine Pflanzungen durch das sinnreiche Mittel schützte, daſs er sie mit einem Graben umzog und dadurch die schädlichen Gase ableitete [1]. Merkwürdig aber ist, daſs Boussingault [2] bei fünf americanischen Vulcanen das aus Spalten aufsteigende Gas untersuchte und bloſs Wasserdampf in ungeheurer Menge, Kohlensäure, etwas Schwefelwasserstoffgas und zuweilen Schwefeldampf fand. Kohlensäure konnten Monticelli und Covelli [3] in den Exhalationen des Vesuv nicht finden und Hoffmann [4] selbst in denen des Stromboli nicht; dieses Gas scheint sich daher erst beim Erkalten der Laven zu

1 Bibliothèque Britann. T. XXX.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LII. p. 1 ff. Poggendorff's Ann. XXXI. 148.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LII. p. 174.

4 Bischof die Wärmelehre des Innern unserer Erde. S. 331.

entwickeln. Hiermit stimmt vollkommen überein, daſs Boussingault das Gas, welches aus den Spalten des Glimmerschiefers von Quindiu aufstieg, aus 94 Theilen Kohlensäure, 5 Theilen atmosphärischer Luft und 1 Theil Schwefelwasserstoffgas bestehend fand[1], was mit den zahlreichen *Mofetten* in vulcanischen Gegenden im genauen Zusammenhange steht. Ueberhaupt steigt aus den tobenden Vulcanen nach zahlreichen Beobachtungen nur Wasserdampf auf, durch den enthaltenen Kohlenstoff und erdige Substanzen als ein dicker Rauch sich zeigend, ohne die Anwesenheit von Wasserstoffgas, welches sich nothwendig entzünden müſste, wenn es in bedeutender Quantität vorhanden wäre. Solche Entzündungen sind aber von den genauesten Beobachtern, Hamilton, John Davy, Al. v. Humboldt, Breislak[2], Spallanzani[3], Monticelli und Covelli[4], Hoffmann[5], Poulet Scrope[6], Gay-Lussac[7], Bylandt Palstercamp[8] und Andern, nie wahrgenommen worden, was wohl zu dem Schlusse berechtigt, daſs kein Wasserstoffgas in merklicher Menge aus den Vulcanen aufsteigt. Schwefelwasserstoffgas und Schwefeldampf wird durch die Vulcane in Menge erzeugt und ist ein vorzügliches Product der *Solfataren*.

2) Ein Haupterzeugniſs der Vulcane ist die sehr feine graue *Asche*, die durch ihre unglaubliche Menge nicht selten groſse Strecken verdunkelt und durch mäſsigen Wind bis auf weite Entfernungen fortgeführt wird. Sie ist oft so fein und trocken, daſs sie in die engsten Spalten eindringt und die zartesten Eindrücke annimmt, weswegen man in Pompeji und Herculanum die genauesten Abdrücke der Gefäſse, ja selbst der Gesichter und Kleider verschütteter Menschen findet[9]. Beim Ausbruche des Vesuv im J. 1767 flog sie 5 Meilen weit

1 V. Humboldt Fragmente. S. 76.
2 Institutions géol. T. III.
3 Voyages dans les deux Siciles. T. II. p. 31.
4 Der Vesuv. Deutsch bearb. von Nöggerath u. Paulsen. Elberfeld 1824. S. 191.
5 Mündliche Mittheilung bei seiner Rückkehr aus Italien.
6 Considerations on Volcanos.
7 Ann. de Chim. et Phys. T. XXII. p. 420.
8 A. a. O.
9 Journ. de Phys. T. LXXX. p. 400. Bibl. univ. T. II. p. 62.

Digitized by Google

bis Gaeta, bei Ausbruche des Aetna im J. 1787 bis Malta und von den isländischen Vulcanen im J. 1783 bis nach den schettländischen Inseln. Nach Ménard de la Groye[1] herrscht die Ansicht, die Asche entstehe durch das Zerreiben der Lavastücke an einander, allein hiergegen streitet nach ihm ihre unglaubliche Feinheit und der Umstand, daſs sie in gröſster Menge nicht während der stärksten Lavaergüsse, sondern erst später aufsteigt, wenn diese fast beendigt sind. Er selbst hält sie daher für gänzlich pulverisirte Lava. Es scheint indeſs unnöthig, anzunehmen, daſs die Substanzen erst zu Lava geschmolzen und letztere dann in Staub verwandelt werden müsse, vielmehr zerfallen fast alle Steinarten durch anhaltende Einwirkung des Brennens, und wenn man daher die Intensität und lange Dauer der Hitze in den Vulcanen, verbunden mit dem Einflusse des zudringenden, sofort in Dampf aufgelösten Wassers berücksichtigt, so bleibt die Verwandlung vieler im Innern dieser Werkstätte vorhandener Fossilien in die feinste Asche nicht weiter schwierig. Die vom Vesuv im J. 1822 in groſser Menge ausgeworfene röthliche Asche enthielt nach einer Untersuchung von Lancelotti[2] in einem Pfunde 84 Gran im Wasser lösliche Salze (schwefels. Kalk, salzs. Thon, salzs. Natron, schwefels. Natron, schwefels. Thon) und eine eigenthümlich riechende vegetabilisch-thierische Substanz von Bernsteinfarbe, Eisen, Thon und Kieselerde. Ebendiese Bestandtheile fand auch Ferrara[3] bei seiner Untersuchung der Asche des Vesuv, Dr. Thomson[4] aber fand die trockne Asche, welche 1812 vom Vulcan auf St. Vincent vom Winde nach der Insel Barbados getrieben wurde und dort in ungeheurer Menge niederfiel, aus 1 Theil Eisenoxyd, 91 Theilen Kiesel- und Thonerde und 8 Theilen Kalkerde zusammengesetzt, und nach Vauquelin[5] bestand die vom Vesuv im J. 1822 aus-

1 Journ. de Phys. T. LXXX. p. 400.

2 Biblioth. univ. T. XXII. p. 138.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXII. p. 106.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. IX. p. 216.

5 Journal de Pharm. T. XI. p. 553. 1825. N. 12. Asche des Vesuv von ebendiesem Jahre und zur Vergleichung die von 1794 hat J. Lavini genau analysirt, um die später zu erwähnende Hypothese Davy's nach der Ansicht von Gay-Lussac zu prüfen, s. Memorie d. R. Accad. di Torino. 1829. T. XXXIII. p. 183 ff. Die Bestandtheile waren:

geworfene, die ihm FERRARA zugesandt hatte, aus 28,10 Kiesel, 18,00 schwefelsaurem Kalk, 20,88 schwefels. Eisen, 8,00 Thon, 2,60 Kalk und 1,00 Kohle, wobei die fehlenden 21,42 Theile Wasser, schwefels. Kupfer, schwefels. Thon, Salzsäure und Schwefel seyn dürften.

3) Die eigentliche vulcanische Asche ist hellgrau, ins Weiſse spielend, sehr fein und leicht, und unterscheidet sich dadurch vom *vulcanischen Sande*, welcher schwerer ist, von schwarzer Farbe, glänzend und aus mehr oder weniger fühlbaren Körnern bestehend, indem hauptsächlich Bruchstücke von Augit und Eisenglimmertheilchen seine Bestandtheile ausmachen. Dieser Sand fällt zugleich mit der Asche nieder, allein der Wind vermag leicht, die letztere zu trennen und fortzuführen[1]. Mit dem feineren Sande wird oft in ungeheurer Menge ein gröberer, *Lapilli* genannt, ausgeworfen, worin sich nicht selten Augit- und Feldspathkrystalle nebst Bruchstücken von Bimsstein befinden. Beide bilden einen Hauptbestandtheil der vulcanischen Berge. Ein eigenthümliches Product der Vulcane ist ferner der *Peperino*, eine Art aschgrauer, im Bruche erdiger Lava, die eine Menge kleine braune Glimmerkrystalle nebst Augiten und Melaniten enthält.

4) *Schlacken* von der verschiedensten Farbe und Härte werden durch die Gewalt der aufsteigenden elastischen Substanzen in kleineren und gröſseren Stücken ausgeworfen und umlagern die Krater in erstaunlicher Menge. Die gröſseren, im Zustande des stärksten Glühens emporgeschleuderten, bil-

	1822		1794
Hydrochlorsäure / hydrochlors. Ammoniak	3,12	Bitumin. Wasser	2,15
schwefels. Kalk	6,50		2,00
hydrochlors. Natron	1,50		1,00
Kalkerde	2,08		2,00
Kupferoxyd			10,00
Eisenoxyd	13,50	E. Tritoxyd	9,00
Alaunerde	15,00		3,15
Talkerde	1,50		2,00
Kieselerde	53,50		68,00
Kohle	2,10		
Verlust	1,20		0,70
	100,00		100,00

1 Journ. de Phys. T. LXXX. p. 400.

den die sogenannten vulcanischen Bomben, welche zerplatzen und als ganze oder zersprengte Kugeln herabfallen.

5) *Steine*, nicht selten viele Centner schwer und zuweilen ohne irgend eine Spur von Schmelzung aus den Kratern auf unglaubliche Entfernungen fortgeschleudert, haben von jeher die Bewunderung der Naturforscher rege gemacht. Die von runder Gestalt, welche häufig und in groſser Menge hoch emporgeschleudert werden, heiſsen dann *vulcanische Bomben*.

6) Ein Haupttheil der vulcanischen Producte, den Laven am nächsten verwandt, ist der *Bimsstein*, worans unter andern auf Lipari ein ganzer Berg besteht. Er enthält zuweilen unveränderte Feldspathkrystalle und nach v. Humboldt der auf Teneriffa auch Obsidian, weswegen ihn einige Geognosten nicht als ein vulcanisches Product anerkennen wollten, allein er findet sich nicht bloſs neben Laven gelagert, sondern wird auch von den isländischen und vielen gröſseren Inselvulcanen in solcher Menge ausgeworfen, daſs nicht selten weite Strecken des Meeres davon bedeckt sind. Vulcanische Asche und Sand, Lapilli, Bimsstein und Lavastücke werden oft durch Wasser zu einem später stark erhärtenden Teige zusammengebacken, wie solcher vorzüglich bei Posilippo vorkommt und daher *Posilippo-Tuff* genannt wird.

7) Als das vorzüglichste und reichlichste Erzeugniſs der Vulcane ist die *Lava* zu betrachten, mit welchem Namen man diejenigen mineralischen Substanzen bezeichnet, welche durch die Hitze zum eigentlichen dickeren oder dünneren Flusse gebracht worden sind. Die Farbe derselben ist verschieden und wechselt vom tiefsten Schwarz durch Braun, Grau, Gelb bis zum vollen Weiſs, in welchem Falle sie, dem Bimsstein höchst ähnlich, zuweilen das statt gefundene Flieſsen durch Windungen der faserartigen Substanz anzeigt. Die Laven sind nicht bloſs im Allgemeinen sehr verschieden, so daſs L. v. Buch[1] nicht weniger als achtzehn Arten derselben am Vesuv unterschied, sondern auch die bei den nämlichen Ausbrüchen zum Vorschein kommenden zeigen sich als sehr ungleich. Am häufigsten ist die Lava nach bereits statt gefundenem Erkalten untersucht worden, oft hat man sie indeſs während des Flieſsens be-

1 Geognost. Beobachtungen. Th. II. S. 174.

Digitized by Google

obachtet, und Einigen ist es sogar gelungen, sie in den Kratern selbst als flüssige kochende Masse zu sehn[1]. Bei den gröſseren Vulcanen, z. B. schon beim Aetna, strömt sie nicht aus dem obersten Hauptkrater, sondern öffnet sich seitwärts Ausgänge, und beim letzten Ausbruche des Aetna im Mai 1819 sah Schouw[2] die glühende Masse aus dem Schlunde hervorbrechen und wegen der Steilheit des Felsens sogleich eine Feuercascade von wenigstens 500 bis 600 Fuſs bilden. Der Strom hatte oben eine Breite von 60 Fuſs, unten von 1200 F., legte in zwei Tagen einen Weg von 4 ital. (ungefähr 0,8 geogr.) Meilen zurück und bildete unten einen Wall, auf und vor welchem sich die nachfolgende Lava hoch aufthürmte. Häufig findet man Spalten in den Kegeln der Vulcane, die an Breite, Tiefe und Länge sehr ungleich sind und in denen die Lava abflieſst. Bei dem heftigen Ausbruche des Aetna im Jahre 1669 betrug die Länge einer solchen Spalte drittehalb deutsche Meilen[3], eine 8 engl. Meilen lange, mit einigen in ihr befindlichen Kratern, zeigte sich 1783 beim Ausbruche des Skaptar-Yökul auf Island, und auf Lancerote wurde im Jahre 1730 eine solche Spalte von zwei deutschen Meilen Länge geöffnet[4]. Der Anblick derselben zeigt eine unverkennbare Aehnlichkeit mit zerrissenen, durch basaltische und andere vulcanische Massen ausgefüllten Thälern. Das Flieſsen der zähen Masse ist der Natur der Sache gemäſs langsam und erreicht selbst auf steilen Abhängen, namentlich beim Vesuv, selten eine Geschwindigkeit von 2,5 Fuſs in einer Secunde. Im Jahr 1794 brachte sie auf der Strecke von Torre del Greco bis ins Meer, welche ungefähr 8 engl. Meilen beträgt, 6 Studen zu, beim Pico di Teneriffa aber legte sie 1797 einen Weg von 3 engl. Meilen erst in einigen Tagen zurück[5], sehr geschwind dagegen floſs sie 1805 am Vesuv, indem sie die 7000 Meter entfernte Küste in 3 Stunden erreichte[6]. Als die Lava 1724 und 1730 aus dem Krabla bis an den Mywatn-See floſs, den sie fast gänzlich

---

1 Spallanzani's Reisen. Cap. 8 u. 10. Andere Fälle, in denen wallende Lava von Beobachtern gesehn wurde, sind oben erwähnt worden.

2 Hausmann im Göttingischen Wochenblatt. 1819. N. 18.

3 Scrope Considerations. p. 158.

4 L. v. Buch in v. Leonhard's Taschenbuch. 1824. S. 439.

5 Transact. of the Geolog. Soc. Lond. 1814. T. II. N. XII.

6 Biblioth. Brit. T. XXX.

Digitized by Google

ausfüllte, bewegte sie sich langsam, riſs alles mit sich fort, brannte mit einer bläulichen, der vom Schwefel ähnlichen Flamme und einem dicken Rauche, im Ganzen einem Strome geschmolzenen Metalles ähnlich. Während der Nacht schien die ganze Gegend in Flammen zu stehn und die Luft selbst entzündet zu seyn, wobei unaufhörliche Blitze selbst bis in groſse Entfernungen sichtbar waren[1]. Dabei ereignete sich der merkwürdige, den religiösen Isländern vorzüglich auffallende Umstand, daſs sich der Lavastrom vor der Kirche von Reihkialid in zwei Arme theilte, die sich hinter derselben wieder vereinigten, so daſs die Kirche selbst verschont wurde, ungeachtet die Lava um dieselbe bis zur doppelten Höhe der an sich sehr niedrigen Kirche angehäuft wurde. In der Regel gewahrt man bei allen Lavaströmen, auch den kleineren, Flammen auf ihrer Oberfläche, die man von den unter ihnen verbrennenden Vegetabilien ableitet, da nach H. Davy's[2] neuesten Untersuchungen die Lava des Vesuv keine organischen, zur Erzeugung einer Flamme dienlichen Bestandtheile enthält, die auch nothwendig durch die starke Glühhitze der Lava vor ihrem Ergusse zerstört worden seyn müſsten. Wegen ihrer Zähigkeit findet man in derselben eine Menge Blasenräume, die theils durch ursprünglich eingeschlossene Luft, theils durch die aus zerstörten organischen Substanzen entwickelten elastischen Medien aufgetrieben worden sind.

Die Menge der bei einem Ergusse erzeugten Lava ist sehr ungleich, mitunter zum Erstaunen groſs. So war der in Island 1783 gebildete Strom 4 franz. Meilen breit und 20 Meilen lang[3], derjenige, welcher 1669 vom Aetna herabfloſs, war 2 ital. Meilen (0,4 geogr.) breit, 15 (3 geogr.) lang und im Mittel 200 Fuſs tief[4]. Den Inhalt dieses Stromes berechnet Recupero[5] auf 11750 Millionen Kubikfuſs; im Jahre 1783 wurden auf Island 60 Quadratmeilen im Mittel 600 Fuſs hoch mit Lava überdeckt, wonach Parrot[6] den Inhalt zu 86640

---

1 Henderson Island. Th. I. S. 193.

2 Philos. Trans. 1828. p. 241. V. Leonhard Zeitschrift für Mineralog. 1829. N. I. p. 29.

3 Breislak Inst. geol. T. III. p. 188. Ordinaire a. a. O. p. 149.

4 Bakewell a. a. O. p. 183.

5 Edinburgh Journ. of Sc. N. XX. p. 312.

6 Grundriſs der theor. Physik. Th. III. S. 224.

Millionen Kubiktoisen, also 361 Mal so groſs, als den ganzen Vesuv, 6 Mal so groſs, als den Montblanc, und 2,7 Mal so groſs, als den Chimborazo schätzt, ohne die übrigen ausgeworfenen Massen zu rechnen. Die vom Vesuv in den Jahren 1757, 1760, 1767, 1779 und 1794 ausgeworfene Lava wird auf 1537 Mill. Kubikfuſs geschätzt, und wenn man die übrigen erzeugten vulcanischen Producte hinzurechnet, so kann das Ganze füglich zu 3000 Mill. Kubikfuſs angenommen werden.

Die Lava hat, wie alle glasartigen Flüsse, ein geringes Wärmeleitungsvermögen, erkaltet aber dabei sehr langsam. Bakewell[1] glaubt, daſs der Lavastrom, welcher im J. 1669 aus dem Aetna floſs, im J. 1809 noch nicht völlig erkaltet gewesen sey; gewiſs aber ist nach der Aussage von Stolberg[2] und Bartels, daſs die im August 1790 aus dem Vesuv geflossene Lava im März 1792 noch zu heiſs war, um sie in der Hand zu halten. Auf der Oberfläche erkaltet sie zuerst, aber wegen ihrer schlechten Wärmeleitung konnte Hamilton 1779 mit seinem Führer über einen zwar langsam, aber entschieden noch flieſsenden Lavastrom von 50 Fuſs Breite hinlaufen, und im Jahre 1794 retteten die Weiber in Torre del Greco Schieſspulver und sonstige verbrennliche Substanzen über die rothglühende Lava. Ménard de la Groye[3] fand, daſs von ihr umflossene Bäume nicht eigentlich verbrannt, sondern nur abgestorben waren, und er glaubte daher, ihre Hitze sey nicht so stark, als man gemeiniglich annehme, und auſserdem von einer eigenthümlichen Art. Letzteres ist ganz unzulässig, denn es giebt keine verschiedenen Arten der Wärme, wenn gleich sehr mannigfaltige Modificationen ihrer Aeuſserungen unverkennbar sind. Die erwähnte Erscheinung ist bloſs Folge der schlechten Wärmeleitung, wobei sich die wirkliche Glühhitze derselben, dem Augenschein nach, nicht in Abrede stellen läſst; auſserdem aber hat man Kupfer und Silber in ihr geschmolzen gefunden[4] und setzt daher ihre Glühhitze dem Schmelzpuncte dieser Metalle gleich, also beträchtlicher, als Dolomieu glaubte; Bars-

1 A. a. O. p. 188.
2 Dessen Reisen. Th. III. S. 37.
3 Journ. de Phys. T. LXXX. p. 442.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVIII. p. 136.

Digitized by Google

LAK[1] aber hält sie für noch gröſser und dem Schmelzpuncte des Eisens gleich. Wenn man daher berücksichtigt, daſs bei den Hüttenprocessen die verschiedenen Erdarten mit zugesetzten metallischen und alkalischen Bestandtheilen zu Schlakken geschmolzen werden, die den Laven auffallend gleichen, so kann die Frage über die Ursache des Schmelzens der letzteren nicht füglich bedeutenden Schwierigkeiten unterliegen, das auſserordentliche Brennen im Innern der Vulcane als factisch vorausgesetzt. Inzwischen leitete Dolomieu diese Schmelzung vom Schwefel ab, Spallanzani vom Einflusse des Wassers, welches sich so oft in den Laven finde, ohne daſs es von auſsen hineingekommen sey, und Ménard de la Groye suchte die Ursache in den Gasarten, namentlich dem Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, wobei er noch obendrein einen besonders modificirten Wärmestoff annahm[2]; allein die eigentliche Schwierigkeit ist bloſs, die Ursache des Brennens im Innern der Vulcane überhaupt zu ergründen, nicht aber das Schmelzen der Laven daraus zu erklären.

Man unterscheidet poröse, dichte und glasige Laven, welche letztere vorzüglich die Krater der Vulcane auskleiden. Wegen der Gleichheit des Ursprungs können auch auſser dem Basalte und Dolerite der *Traſs* oder *Tarras* (der vulcanische Tuff, *Tophus* des Vitruv), die *Puzzolanerde*[3] (Pouzzolane, *terra puteolana*), der Perlstein, die Felsart der *rheinischen Mühlsteine*, *Bimsstein*, *Peperino*, *Posilippo-Tuff*, *Obsidian* u. a. als verschiedene Arten oder als aus zerbröckelter Lava entstanden betrachtet werden[4]. In der eigentlich so genannten Lava befinden sich vorzüglich Augite, Pyroxene und Leuzite eingebacken. Nach L. v. Buch krystallisiren die Augite früher als die Leuzite, und beide erst nach dem Ausflusse der Lava; nach A. de Luc befinden sich die Leuzite und

1 Voyage dans la Camp. T. I. p. 279. Inst. géol. T. III. p. 160. Vergl. James Hall in Edinburgh Phil. Trans. T. V.

2 Vergl. v. Leonhard Taschenbuch 1820. S. 277.

3 Desmarest über die Puzzolanen in der Auvergne in Leipz. Samml. Th. II. S. 105. Faujas de St. Fond sur les Volcans éteints du Vivarais.

4 D'Aubuisson Traité de Géognosie. T. II. p. 695. Breislak Inst. géol. T. III. p. 85. A. de Luc in Journ. de Phys. T. LXXXIII. p. 466. u. A.

Digitized by Google

Pyroxene in einem gewissen zähe-flüssigen Zustande und werden so ausgeworfen[1]. Manche Laven, vorzüglich die glasigen, haben noch nach Jahrhunderten ein so frisches Ansehn, als wären sie eben erst ausgeflossen, andere verwittern schnell und geben dann einen sehr fruchtbaren Boden. Ebendaher wollten die Einwohner von Torre del Greco nach der schrecklichen Katastrophe im J. 1794 ihre Stadt nicht nach einem anderen sicherern Platze verlegen und baueten vielmehr auf der noch rauchenden Lava, ungeachtet die Stadt bereits 1631 gleichfalls zerstört worden und 1737 in groſser Gefahr gewesen war[2]; nach dem Ausbruche des Vesuv im J. 1779 fingen die Obstbäume im August an, abermals zu treiben, und brachten kleine, aber reife und wohlschmeckende Früchte[4]; das Val Demone am Aetna gilt für eine der fruchtbarsten Gegenden der Welt[4], auf Stromboli wächst ein herrlicher feuriger Wein und am Vesuv werden die *lacrimae Christi* erzeugt; Einige wollen sogar die Güte des Rheinweins und des ungarischen Weins von einem Einflusse verwitterter Laven ableiten. Die Ursache der Fruchtbarkeit des aus verwitterten Laven erzeugten Bodens liegt gröſstentheils in den Bestandtheilen dieser Felsarten, die aus Feldspath, Leuzit, Augit und titanhaltigem Magneteisen mit beigemengtem Glimmer und zuweilen Olivin bestehn[5], theils in der schlechten Wärmeleitung und vielleicht einiger noch zurückgebliebener Wärme.

8) Auſser den sogenannten Schlammvulcanen, von denen später die Rede seyn wird, werfen die eigentlichen, namentlich die americanischen Vulcane oft groſse Massen von *Schlamm* aus. Oft, man darf wohl sagen meistens, ist diese Erscheinung nur täuschend, indem die vulcanische Asche sich

1 Journ. de Phys. T. LXXXII. p. 468.

2 Hamilton's Beschreibung u. s. w. S. 40.

3 Stolberg's Reisen. Th. III. S. 34. Th. IV. S. 206.

4 Dort trifft man die riesenmäſsigen Kastanienbäume, unter andern den Castagno di Cento Cavalli, welcher in 5 Theile gespalten ist und dessen Krone 180 Fuſs im Umfange miſst, also mehr als die stärkste Adansonia, deren Durchmesser zuweilen 25 F. und der Umfang der Krone 150 Fuſs erreicht. Das Val Demone liegt 400 F. über dem Meeresspiegel, s. Stolberg a. a. O. L. Simond a tour in Italy and Sicily. Lond. 1828. p. 510.

5 Ausführlich über die Laven handelt v. Leonhard in Charakteristik der Felsarten. Heidelb. 1824. S. 442 ff.

mit dem Wasser des durch Hitze geschmolzenen Schnees zu Schlamm verbindet, welcher dann als unmittelbares Erzeugniſs der tobenden Vulcane erscheint[1]. Dieses Phänomen hängt dann mit einem verwandten zusammen, indem das Schmelzen des Schnees auf den beeisten Gipfeln hoher Vulcane zuweilen förmliche Ueberschwemmungen erzeugt[2], wie oben von den isländischen Vulcanen bereits erwähnt worden ist; allein in einigen Fällen kommt der Schlamm unleugbar aus den Vulcanen selbst als reichhaltiger Auswurf hervor. Dieses war namentlich der Fall bei der Entstehung des Jorullo[3], beim Ausbruche des Tungurahua im J. 1797, welcher überhaupt öfter Schlamm auswirft[4], bei den Ausbrüchen des Vesuv[5] in den Jahren 1630 und 1794 und am unverkennbarsten bei verschiedenen Ausbrüchen peruanischer Vulcane, durch welche mit dem Schlamme zugleich eine eigene Species Fische ausgeworfen wurde, die v. Humboldt *pimelodus Cyclopum* genannt hat. Solche warf unter andern der Carguairazo 1698 und der Imbaburu in solcher Menge aus, daſs die Luft durch ihr Verfaulen verpestet wurde[6]. Beim Cotopaxi ist das heiſse Wasser zuweilen mit brennbarer Substanz gemischt und bildet dann den diesem Berge eigenthümlichen Schlamm, *Moya* genannt[7].

9) Unter den vulcanischen Producten kann die *Salzsäure* mit ihren Verbindungen als ein Hauptbestandtheil gelten. Sie wird in bedeutender Menge in Gasform entwickelt und erscheint meistens im Anfange der Eruptionen in Gestalt weiſser

---

1 Breislak in Mém. de l'Inst. T. IV. Instit. Géol. T. II. p. 103. Du Carla in Journ. de Phys. T. XX. Ferrara campi flegrei della Sicil. §. 34. Cordier in Journ. de Phys. T. LXXXIII. p. 368. Ann. des mines. T. XXXIII. p. 7.

2 Bouguer figure de la terre. p. LXIX. Im Jahre 1742 erzeugte der Cotopaxi eine Fluth, welche Häuser, Menschen und Vieh fortriſs.

3 Journal de Phys. T. LXIX. p. 148.

4 Die Bestandtheile jenes Schlammes waren nach Cordier 46 Theile Kiesel, 12 Th. Eisenoxyd, 7 Thon, 6 Kalk, 26 organische Materie und 3 Verlust. S. Ann. des Mines T. XXXIII. p. 7.

5 Faujas de St. Fond a. a. O. p. 43. Hamilton Campi phlegraei p. 27.

6 Journ. de Phys. T. LXII. p. 61.

7 V. Humboldt Ideen und Naturgemälde. p. 52.

Dämpfe[1]. Mit Natron zu Kochsalz verbunden ist sie bei allen Ausbrüchen reichlich vorhanden, wie namentlich John Davy bei der Untersuchung der Producte des neuen Vulcans unweit Siciliens fand[2]. Bei den Ausbrüchen des Hecla, deren man von 1004 bis 1755 im Ganzen 16 zählt, wurde zuweilen eine solche Menge reines *Kochsalz* erzeugt, daſs die Einwohner nachher viele Pferdelasten desselben fortschafften[3]. Noch weit gröſser ist die Production des *Salmiaks*, welcher namentlich durch die Salmiakvulcane in Centralasien in unermeſslicher Menge erzeugt wird. Aus diesen, bei Nacht meistens leuchtenden Feuerbergen steigen ohne Unterlaſs Salmiakdämpfe empor, und der durch Abkühlung in eigens darüber erbaueten Hütten niedergeschlagene Salmiak wird unter der Einwirkung einer unausstehlichen Hitze abgekratzt, gesammelt und als Handelsartikel benutzt. Dieses ist der Fall bei *Osrhusna* in Turkestan, nach Remusat beim Vulcane von *Turfan*, welche Stadt von den vielen rauchenden und bei Nacht leuchtenden Salmiakbergen den Namen *Ho-Tcheou* (Feuerstadt) erhalten hat, und beim weiſsen *Berge* bei *Bisch-Balikh* am Flusse Ili, S. O. vom See Balgash. Die beiden letzteren ergiebigsten Berge dampfen auch am Tage, und bei Nacht erscheint der Dampf leuchtend[4]. Auſserdem findet man diese Salmiakdämpfe zwischen Samarkand und Farghana, zu Chensi in Nordchina, wo ein schlechteres Salz gewonnen wird, als auf dem *Pethim* im Lande Eighur, etwa 100 franz. Meilen von Kiaothim. Der letztere Berg ist mit Schnee bedeckt, raucht aber dennoch stets und erscheint bei Nacht leuchtend. Auch in Yunnan, im Gebiete der Mongolen, giebt es ähnliche Berge[5]. Beim Ausbruche des Vesuv im Jahre 1794 wurde

---

1 Daſs Boussingault bei den americanischen Vulcanen keine Spur von salzsaurem Gas fand, ist unter 1) so eben erwähnt worden.

2 Philos. Trans. 1832. p. 237. Edinburgh New Phil. Journ. N. XXII. p. 365.

3 Ohlafsen und Povelsen Reise. Th. II. S. 136. Zimmermann Taschenbuch d. Reisen 1824.

4 Ann. des Mines. T. V. p. 135. Ann. de Chim. et Phys. T. XIV. p. 309. Edinburgh Philos. Journ. N. VII. p. 156. Diese Berge liefern auch Salmiaklauge in Menge, aus welcher das Salz durch Sieden gewonnen wird.

5 Ritter Erdkunde. Th. II. S. 560.

Digitized by Google

Salmiak in ſolcher Menge erzeugt, daſs die Bauern ihn centnerweiſe ſammelten und verkauften[1]; auf Lanzerote wird er gleichfalls gefunden[2], wonach dieſes Mineral wohl als ein allen Vulcanen gemeinſames zu betrachten iſt, wenn daſſelbe gleich ſonſt nicht in ſo überwiegender Menge vorkommt, als bei den genannten des aſiatiſchen Feſtlandes. Als eine Merkwürdigkeit möge hier noch erwähnt werden, daſs aus dem brennenden Steinkohlenflötze bei St. Etienne Dämpfe aufſteigen, die ſich in bedeutender Menge als *Salpeter* verdichten[3].

10) Nicht minder beträchtlich iſt die Menge des durch die Vulcane erzeugten *Schwefels*. Allgemein zeigt derſelbe ſeine Anweſenheit durch den Geruch, indem die ſchweflige Säure einen Hauptbeſtandtheil der ausſtrömenden erſtickenden Gaſe bildet[4]. Dieſe letztere verbindet ſich zuweilen mit dem Sauerſtoff der atmoſphäriſchen Luft, wird dadurch in Schwefelſäure verwandelt, verbindet ſich dann mit dem Waſſer und erzeugt die verdünnte Schwefelſäure, welche namentlich von dem Vulcane *Idienne* in der Provinz Bagnia Vanni auf Java herabflieſst[5]. Von dem gegenwärtig ruhenden Feuerberge *Purace* unfern von Popayan flieſst ein Strom herab, welcher wegen ſeines ſauren Geſchmackes *Rio de Vinagre* genannt wird und worin Rivero eine beträchtliche Menge Schwefelſäure mit etwas Salzſäure fand. Auſser den unter den vulcaniſchen Erzeugniſſen vorkommenden ſchwefelſauren Salzen und der Hydrothionſäure wird auch gediegener Schwefel, nicht ſelten in ſchönen Kryſtallen, in ſo groſser Menge erzeugt, daſs daraus ein Handelsartikel entſteht, auch iſt derſelbe ein vorzügliches Erzeugniſs der ſogenannten *Solfataren*. Der Veſuv liefert gleichfalls ſowohl Schwefelſäure, als auch Schwefel[6].

1 Ferrara Campi flegr. p. 286.
2 Schweigger's Journ. Th. XV. S. 225.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 158.
4 Der zu früh verſtorbene Mineralog Hoffmann behauptete, die ſtark glühende, friſche Lava rieche nicht nach Schwefel, vielmehr beginne dieſer Geruch erſt mit dem Anfange ihres Erkaltens. Daſs übrigens eine groſse Menge von Schwefel in Urgebirgen vorkomme, behauptet v. Humboldt in Ann. de Chim. et Phys. 1824. Oct.
5 Philos. Mag. T. XLII. p. 182.
6 Storia dei fenomeni del Veſuvio cet. di Monticelli e Covelli. Sez. I. Art. 2.

11) Verschiedene Mineralien, als *Eisenglanz*, *salzsaures Kupfer* und *Eisen*, *Schwefelarsenik* u. s. w., werden an den Wänden der Spalten und Risse der Laven gefunden und sind also als Erzeugnisse der Feuerberge zu betrachten[1].

12) Endlich kommen auch *Kali* und *Natron*, letzteres meistens mit Salzsäure und Schwefelsäure vereint, bei den Vulcanen vor.

Erklärung der vulcanischen Erscheinungen.

Bei weitem die schwierigste Aufgabe ist, die verschiedenen vulcanischen Processe auf anerkannt richtige physikalische Principien zurückzubringen und aus diesen zu erklären. Ehe wir die verschiedenen, hierüber aufgestellten Hypothesen mittheilen, ist es nothwendig, erst noch einige Thatsachen näher zu beleuchten. Aus überwiegenden, bereits erwähnten Gründen sind wir berechtigt, die Feuerberge für von innen herauf gehoben zu betrachten, indem die entwickelten elastischen Medien einen Theil der Erdkruste blasenartig in die Höhe trieben und die vulcanischen Erzeugnisse dann theils in die hierdurch entstandenen Räume eindrangen und sich zwischen die früheren Felsarten lagerten, theils durch die gebildeten Risse und Spalten hervorquollen, überströmten und sich auf der Oberfläche der Berge lagerten, wie wir denn namentlich die kenntlichen erloschenen und noch thätigen Vulcane damit überdeckt finden. Die Krater der Vulcane, deren Gröſse nicht nur, sondern auch deren Gestalt sehr verschieden, meistens rund oder länglich ist, sind aus Laven gebildet. In der Regel haben die Vulcane auf ihrer Spitze einen groſsen Krater, einige haben deren zwei, die meisten auſser dem Hauptkrater noch mehrere kleine, und nicht selten entstehn bei den wiederholten Eruptionen neue Krater an den Seiten der gröſseren Feuerberge, aus denen die Lava ausströmt. Im Allgemeinen sind die Krater konisch gestaltet, mitunter von auſserordentlicher Tiefe; sie verstopfen sich zuweilen und werden bei den ausgebrannten in Seen verwandelt[2] oder auf eine solche Weise verschüttet, daſs man sie bei vielen ausgebrannten Vulcanen

---

1 V. Leonhard Grundzüge d. Geol. u. Geogn. S. 86.
2 Breislak Instit. géol. T. III. p. 127. 360.

Digitized by Google

nicht mehr findet, wozu das schnelle Verwittern einiger Laven und ihre Verwandlung in fruchtbare Erde nicht wenig beiträgt. So war in dem Zwischenraume zwischen 1139 bis 1306 die ganze Oberfläche des Vesuv angebaut und man sah den Boden nebst den Abhängen des Kraters mit Castanienwäldern bedeckt[1]. Die ganze Masse der Feuerberge ist demnach als von innen heraus gebildet zu betrachten, und obgleich die hierdurch entstandenen Räume durch nachdringende Massen wieder ausgefüllt gedacht werden könnten, wollte man anders die tiefer liegenden Schichten der Erde als hierzu hinlänglich erweicht annehmen, so streitet doch hiergegen die Tiefe und der groſse Inhalt mancher Krater und der sie ausfüllenden Seen und zwingt vielmehr, das Vorhandenseyn unermeſslicher Höhlen anzunehmen, deren Ausdehnung, namentlich der unter dem Pichincha, Parrot aus den gemessenen Pendelschwingungen der französischen Akademiker zu 1,357 Kubikmeilen berechnet[2]. Nehmen wir hiernach an, daſs die Feuerberge selbst aus den gehobenen und ausgeworfenen Massen gebildet worden seyen, so müssen die Herde derselben sehr tief liegen und auſserordentlich groſs seyn, wie auch als ausgemacht angenommen wird[3]. Einen Anhaltpunct für diese Bestimmung giebt die Betrachtung, daſs die Wandungen, unter und neben denen die Lavasäulen emporgetrieben werden, hinlängliche Dicke haben müssen, um dem Drucke dieser flüssigen Massen genügenden Widerstand zu leisten, wobei jedoch wieder zu berücksichtigen ist, daſs zwar mit zunehmender Tiefe die Dicke der widerstehenden Wandungen wachsen muſs, zugleich aber auch die Höhen der zu hebenden Lavasäulen zunehmen müssen, wenn wir annehmen, daſs diese von unten herauf bis zum Krater ein zusammenhängendes Ganze bilden, woraus dann erklärlich würde, daſs bei den gröſsten Vulcanen die Laven die höchsten Krater in der Regel nicht erreichen, sondern sich seitwärts einen Ausweg zu eröffnen pflegen. Parrot[4] hat mit Berücksichtigung dieser Bedingungen folgende Betrachtungen angestellt. Wenn man annimmt, daſs bei einem

1 v. Leonhard Grundzüge der Geologie u. Geogn. S. 37.

2 Grundriſs der theor. Physik. Th. III. S. 257.

3 Vergl. z. B. Bakewell a. a. O. S. 182. D'Aubuisson Traité de Géogn. T. I. p. 217. 260.

4 A. a. O.

Digitized by Google

Ausbruche des Pico de Teyde die Lava bis an den Rand des Kraters gehoben wurde[1], so konnte der Herd unmöglich im unteren, über dem Meeresspiegel hervorragenden Theile des Berges liegen, weil dort so groſse Höhlungen nicht existiren konnten, als die Masse der ausgeworfenen vulcanischen Producte anzunehmen zwingt. Wäre aber die Höhe der Lavasäule nur der des Berges gleich, also 2000 Toisen gewesen, und wird das spec. Gewicht der flüssigen Masse nur = 2 angenommen, die des Wassers = 1 gesetzt, so hätte der Druck derselben gegen einen Quadratfuſs Fläche unten 1,5 Millionen Pfund betragen. Damit die Wandungen der Erdkruste diesen aushalten konnten, muſsten sie die erforderliche Dicke haben, und wenn dann berücksichtigt wird, daſs mit gröſserer Tiefe auch jener Druck wächst, so gelangt man hierdurch zu dem Resultate, daſs die Herde des Vulcans mindestens eine Tiefe von 6000 Toisen unter der Meeresfläche haben muſsten. Es läſst sich gegen diese Beweisart mit Grunde einwenden, daſs doch die Wandungen des Feuerberges am unteren Ende den Seitendruck der Lavasäule auszuhalten im Stande seyn muſsten, weil sie sonst aus einander gepreſst worden seyn würden, und daſs daher nichts zwingt, das untere Ende der Lavasäule tiefer herabzusetzen, da der Druck nach unten, welcher an jeder gegebenen Stelle dem Seitendrucke gleich ist, durch den in diesem Falle unendlichen Widerstand der Erde genugsam überwunden wurde; allein damit wären die Räume nicht nachgewiesen, die vor der Hebung oder Entstehung des Berges durch die zu seiner Bildung verwandten Massen eingenommen wurden. Wollte man aber zur Beseitigung dieses Einwurfes zu einem Nachflieſsen geschmolzener Massen aus gröſseren Tiefen der Erde seine Zuflucht nehmen, so würde damit das Argument aus den unwidersprechlich vorhandenen groſsen Höhlungen keineswegs beseitigt seyn. Man könnte sagen, und ich glaube sogar, daſs diese Ansicht viel für sich

---

1 Quillt gleich die Lava bei den gröſseren Vulcanen später aus Seitenkratern hervor, so muſs sie doch mindestens einmal aus dem höchsten Krater geflossen seyn, um diesen zu bilden und im Innern auszukleiden. Die Höhe der Berge war dann vermuthlich die spätere, weil sich sonst Borsten und Spalten bei nachfolgenden Hebungen geöffnet hätten, die Tiefe der Krater kann aber in Folge späterer Ausbrüche aus Seitenöffnungen stets zunehmen.

Digitized by Google

habe, es sey unnöthig, eine zusammenhängende Lavasäule vom untersten Herde bis zur Mündung des Vulcans anzunehmen, vielmehr könne man sich vorstellen, daſs die flüssigen Massen durch die elastischen Medien in einzelnen Stücken emporgeschleudert würden, sich in gröſseren Höhen vereinten und dann als Lavastrom ausflössen; im Ganzen aber gewahrt man bald, daſs bei dem Mangel genügender Beobachtungen hierüber vorerst noch Vieles hypothetisch bleiben muſs. Ungleich weniger, als die angegebenen Bestimmungen von Parrot, ist eine andere von Cordier[1] auf eine sichere Basis gegründet. Nach ihm werden die vulcanischen Eruptionen daraus erklärlich, daſs die äuſsere erkältende Kruste der Erde sich zusammenzieht und somit die in ihrem Innern enthaltene glühend-flüssige Masse emportreibt. Die Dicke der erkalteten Rinde nimmt er zu 20 franz. Meilen an, jede zu 5000 Meter gerechnet, und dann würde eine mittlere Verkürzung des Erdhalbmessers um $\frac{1}{292}$ Millimeter hinreichen, um die bei einer vulcanischen Eruption ausgeworfene Masse auf die Oberfläche zu pressen. Finden jährlich im Ganzen fünf Ausbrüche statt, so würde dadurch der Halbmesser der Erde in 100 Jahren um nicht mehr als ein Millimeter verkürzt werden. Bloſs die enorme Kraft einer solchen Zusammenziehung soll nach seiner Ansicht vermögend seyn, die Lava zu heben, die aus einer Tiefe von 20 Lieues emporgetrieben einen Druck von 28000 Atmosphären (ungefähr 32 Mill. Kilogramm gegen einen Quadratfuſs) erfordern würde. Allein dieser kühnen Hypothese steht gar Vieles entgegen. Abgerechnet, daſs die Gewalt des Schieſspulvers (und sonach auch die der glühenden Wasserdämpfe[2]) diese keineswegs genugsam constatirte Gröſse der Elasticität gleichfalls erreicht, worüber genaue Bestimmungen jedoch kaum möglich sind, und daſs wir daher zu Cordier's Erklärungsweise unsere Zuflucht zu nehmen keineswegs gezwungen sind, so würde durch die seit mehreren Jahrtausenden statt gefundene Abkühlung und Zusammenziehung der Erdkruste eine gröſsere Verkleinerung des Halbmessers der Erde statt gefunden haben, als mit ihrer unveränderten Rotation verträglich ist[3], auſserdem aber ist eine absolute Ver-

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. VIII. p. 285.

2 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 410.

3 Vergl. *Temperatur der Erde.* S. 610.

minderung der Wärme unserer Erde noch keineswegs begründet und nach den hierüber angestellten Untersuchungen wohl gar nicht einmal wahrscheinlich[1]. Fände endlich eine Abkühlung unserer Erde statt, so müſste die dadurch bewirkte Zusammenziehung, wie sie selbst, eine gleichmäſsig fortdauernde und mit unüberwindlicher Kraft wirkende seyn, mithin würde die im Innern zusammengepreſste Masse aus der einmal gemachten Oeffnung unablässig hervordringen, und die Erscheinung des Jahre und Jahrhunderte langen Ruhens mancher Vulcane, so ihr plötzlich beginnendes Toben, nebst dem Auswerfen groſser Lavamassen, so wie überhaupt die in ihrer Art ganz eigenthümlichen Eruptionsphänomene wären hiermit ganz unverträglich.

Die älteste Hypothese, nach welcher man die Vulcane zu erklären suchte, ist wohl die erst in den neueren Zeiten gänzlich verworfene, auf das Entzünden der Schwefelkiese gegründete; denn die Idee eines im Innern der Erde fortdauernden Glühens in Folge des *Centralfeuers* nach Mairan[2] und Buffon[3], die auch auf die vulcanischen Thätigkeiten angewandt wurde, ist neuer und fand im Ganzen nur wenig Beifall. Vor dem Ende des 17ten Jahrhunderts scheint man überhaupt der Ursache dieser Phänomene nicht ernstlich nachgeforscht zu haben, und wir dürfen daher Dr. Martin Lyster[4] wohl als den Ersten betrachten, welcher sie von der Entzündung der Schwefelkiese ableitete, da er gefunden hat, daſs einige Species derselben durch Selbstentzündung in Brand gerathen, indem zugleich die groſse Menge der unter der Erde vorhandenen Schwefelkiese bekannt war. Die Hypothese erhielt eine bedeutende und dem Anscheine nach völlig genügende Unterstützung durch den bekannten Versuch Lemery's[5], welcher 25 Pfund Eisenfeilig mit ebenso viel pulverisirtem Schwefel mengte und in die feuchte Erde eingrub, worauf dann bei der Verbindung beider Substanzen ein Glühen entstand und die brennende Masse vulcanartig in die Höhe geworfen wurde.

1 Vergl. *Temperatur der Erde*. S. 572.
2 Mém. de Paris. 1719.
3 Hist. Nat. T. I. u. Suppl. T. IX. u. X. Par. 1778.
4 Philos. Trans. 1684. N. 157. T. XIV. p. 512.
5 Mém. de l'Acad. 1700. p. 101.

Digitized by Google

Inzwischen muſste diese Hypothese als unhaltbar erscheinen, sobald man einsah, daſs die sich von selbst entzündenden Schwefelkiese nur als Seltenheit vorkommen und ihre Entzündung bloſs beim Zutritte der Luft eintreten kann, statt daſs bei den übrigen die Verbindung des Schwefels mit dem Eisen, wodurch in Lemery's Versuche die Glühhitze erzeugt wurde, bereits vorhanden ist. Inzwischen erhielt sich die aufgestellte Hypothese, aus welcher man alle einzelnen Phänomene leicht ableiten konnte, sabald nur die anfängliche Entzündung zugegeben wurde, bis ans Ende des vorigen Jahrhunderts in Ansehn. Einige Gelehrte in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, welche alle Naturerscheinungen aus der Elektricität erklären zu können glaubten, führten auch die vulcanischen Phänomene hierauf zurück und fanden die nächste Aufforderung hierzu in den häufigen Blitzen, die aus den Vulcanen aufzusteigen scheinen und auf jeden Fall in den unermeſslich groſsen Dampf- und Rauchwolken über den Kratern wahrgenommen werden. Beccaria[1] begnügt sich mit dieser Angabe im Allgemeinen, und auch Hamilton[2], dem man meistens diese auf elektrische Thätigkeiten gebaute Hypothese zuschreibt, beschränkt sich auf die Erzählung der vielfach wahrgenommenen Blitze. Ausgemacht, aber auch leicht erklärlich, ist allerdings der Umstand, daſs man in Neapel beim Toben des Vesuv ungemein starke Luftelektricität (am Keraunoskop) bemerkt, wie namentlich Vairo[3] durch Beobachtungen gefunden zu haben versichert, was sich aber als Folge des Niederschlages einer so unermeſslichen Menge des aus Salz und andere Stoffe aufgelöst enthaltendem Wasser gebildeten Dampfes nur zu leicht erklären läſst. Einige Gelehrte, als Stukely[4], Patrin[5], insbesondere Bertholon de St. Lazare[6], Giovanni Vivenzio[7] und Andere, nahmen die Sache

1 Lettere dell'elettr. p. 226.

2 Beobachtungen über d. Vesuv, den Aetna u. a. Vulcane. Aus d. Engl. Berl. 1773. 8. S. 182.

3 Ferber's Briefe aus Wälschland. S. 148.

4 Philos. Trans. T. XLVI. p. 497.

5 De la Metherie in Journ. de Phys. T. LXXXI. p. 276. 393. Vergl. Décade Philos. Ann. 8. N. 17. G. V. 191.

6 Journ. de Phys. 1779. Août.

7 Istoria e teoria de tremuoti. Napoli 1783. 8. Vergl. T. Cavallo Abhandl. von d. Elektric. Th. I. S. 67. 224.

Digitized by Google

ganz ernstlich und leiteten alle bei den Vulcanen vorkommende Erscheinungen, auch die Erdbeben, von der Elektricität ab, ja sie schlugen sogar vor, diese schädlichen Wirkungen durch lange in die Erde eingesenkte eiserne Stangen (*Para-tremblements de Terre, Para-volcans*) als Ableiter der Elektricität unschädlich zu machen.

Als Humphry Davy die Metalloide des Kali's und Natrons, so wie der übrigen Erden und das Radical der Kieselerde aufgefunden hatte, knüpfte er hieran die nahe liegende Hypothese, diese einfachen Stoffe bildeten den Hauptbestandtheil des Erdkerns, würden durch den Zutritt von Luft und hauptsächlich von Wasser gesäuert und wären auf diese Weise die Ursache der vulcanischen Thätigkeiten[1]. Diese sogenannte *Davy'sche Hypothese* fand sowohl wegen des berühmten Begründers derselben, als auch wegen ihrer inneren Wahrscheinlichkeit viele Anhänger und steht noch gegenwärtig in hohem Ansehn[2]. Man kann die Vermuthung, daſs die genannten Substanzen noch rein im Innern der Erde vorhanden seyn sollen, die der äuſseren Kruste dagegen durch Zutritt von Luft und Wasser bereits gesäuert sind, nicht einmal kühn nennen, vielmehr liegt sie ausnehmend nahe. Dabei ist das Eindringen des Wassers, namentlich des salzhaltigen, durchaus unbestreitbar, und wenn man sich dann die enorme Hitze vorstellt, die durch den Zutritt des Wassers zu jenen in den Herden der Vulcane in überschwenglicher Menge vorhandenen Metalloiden entstehn müſste, so ergiebt sich die mächtige Erzeugung von Wasserdampfe und überhaupt die Gewaltsamkeit der vulcanischen Explosionen gleichsam von selbst. Der Ursprung der groſsen Menge von Wasserstoffgas zur Ernährung der Flamme und zur Erzeugung der Erdbeben durch seine Verpuffung nach

1 Philos. Trans. 1812. Edinb. New Phil. Journ. N. IX. p. 196. N. XVII. p. 136. Eine Anwendung seiner Theorie auf die von ihm angestellten Beobachtungen des Ausbrüche des Vesuv im Dec. 1819 und Januar nebst Febr. 1820 giebt derselbe in Philos. Trans. 1828. p. 241. Vergl. Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 133.

2 Vergl. Istoria dell' Incendio dell' Etna nell'anno 1819. Del Dottore C. Maravigna cap. IV. Gay-Lussac in Ann. de Chim. et Phys. T. XXII. p. 415. V. Humboldt über d. Bau u. d. Wirkungsart d. Vulcane. Berl. 1823. u. v. a.

Digitized by Google

Aufnahme von Sauerstoffgas, woraus Kries[1] nach einer mindestens nicht ganz unwahrscheinlichen Hypothese die Erdbeben ableitet, wäre dann gleichfalls leicht zu erklären. Hiergegen läſst sich jedoch die nicht unwichtige Einwendung machen, daſs keine einzige Beobachtung von der Anwesenheit des Wasserstoffgases in den aufsteigenden mächtigen Dampfsäulen der Vulcane und von einer Entzündung desselben durch die jene Massen durchfurchenden Blitze vorliegt, und daſs auch John Davy bei vorzüglicher Aufmerksamkeit hierauf keine Spur desselben entdecken konnte, obgleich dieses Gas beim einfachen Verbrennungsprocesse der Erdmetalloide, wo nicht ausschlieſslich neben Wasserdampfe, doch in überwiegend gröſster Menge erzeugt werden müſste. Ein anderes Argument, daſs nämlich das Verbrennen der Stoffe mit ebensolcher Schnelligkeit erfolgen müſste, wie wir diese bei unsern Versuchen wahrnehmen, läſst sich durch die Gröſse der vorhandenen Masse, die nicht augenblicklich mit Wasser in Berührung treten kann, leicht beseitigen, auch passen die lange Ruhe der Vulcane und die Pausen zwischen ihren Eruptionen sehr gut in diese Hypothese, weil am Ende des Brennens, nach der Verzehrung des vorhandenen Wassers und Sauerstoffgases, die oberste bereits gesäuerte und mit Erde, Schlacken, Salzen u. s. w. bedeckte Schicht die tieferen Lagen so lange schützen könnte, bis das Wasser allmälig durch diese Decke dränge und zu den tieferen, noch nicht veränderten Massen gelangte. Nicht minder hiermit übereinstimmend ist die Erfahrung, daſs die Unterbrechungen bei den gröſseren Vulcanen am längsten dauern, weil bei diesen aus den hohen Kratern eine Menge der gegen das Ende der Explosionen nicht völlig ausgeworfenen Schlacken zurückfallen und somit eine dickere, undurchdringlichere, auf längere Zeit schützende Decke gebildet werden muſs, wobei noch auſserdem zu berücksichtigen ist, daſs das stärkere Brennen und die intensivere Hitze bei so groſsen Massen die Wandungen mehr verglasen und gegen das eindringende Wasser besser sichern würde, nicht zu gedenken, daſs eine gröſsere Masse desselben erfordert wird, um die ausgedehnteren Herde zu überflieſsen und durch die schützende Decke zu dringen. Daſs übrigens Wasser in die

1 Ueber die Ursachen der Erdbeben. Leipz. 1827. 8.

vulcanischen Räume dringe, unterliegt wohl keinem Zweifel. Dafür entscheidet schon ihre Tiefe unter dem Meeresspiegel und die bei der überwiegenden Mehrzahl der Vulcane vorhandene Nähe der Küsten, so wie die häufig gemachte Beobachtung des Versiegens der Quellen und Brunnen vor einem Ausbruche in solchem Maſse, daſs die erforderliche Verlängerung der Seile ein warnendes Zeichen bevorstehender Eruptionen giebt[1]; auch beobachtete Hamilton[2] vor dem Toben des Vesuv im J. 1794, daſs ganze Wolken, die über den Berg hinzogen, in den Krater desselben gleichsam eingesogen wurden.

Diese ebenso sicheren als interessanten Thatsachen, welche auf die Erzeugung eines leeren Raumes in Folge von Verschluckung tropfbarer oder elastischer Flüssigkeiten, auch beider zusammen, schlieſsen lassen, sind jedoch keineswegs von der Art, daſs sie, für sich leicht erklärbar, der aufgestellten Hypothese zur sicheren Stütze dienen könnten. Wollte man annehmen, das Wasser dringe in die noch ungesäuerten Metalloide und seine Verminderung hierdurch sey die Ursache der angegebenen Erscheinungen, so ist nicht abzusehn, wie die dadurch absorbirte Menge so groſs seyn und die Absorption dem folgenden Ausbruche des Vulcans mindestens mehrere Tage, wenn nicht gar Wochen, vorausgehn könnte. Da man nicht umhin kann, sich bei diesem Probleme im Gebiete der Hypothesen zu bewegen, so ist kaum eine andere Vorstellungsart möglich, als die Voraussetzung, daſs durch Abkühlung eine bedeutende Verminderung des Luftvolumens in den vulcanischen Räumen eintrete, die dann als Ursache der erwähnten Erscheinungen zu betrachten wäre, denn selbst eine Absorption des Sauerstoffgases wäre rein hypothetisch, da sich nicht wohl ein genügender Grund auffinden läſst, warum diese nach langer Ruhe plötzlich eintreten sollte, da sie vielmehr ohne Unterbrechung fortdauernd statt finden müſste. Leichter würde es seyn, eine Abkühlung mit dem gesammten Verhalten in Einklang zu bringen, wenn man annähme, daſs die

---

1 De la Torre in Journ. de Phys. T. LXI. Aehnliche Erfahrungen haben Monticelli, Covelli und Andere gemacht. Vergl. v. Leonhard Taschenbuch. Th. XIV. S. 87. v. Humboldt Relat. hist. T. I. p. 393.

2 Philos. Trans. 1795. p. 73.

Digitized by Google

verglaſten Wandungen lange dem Eindringen des Waſsers widerſtänden, bis endlich ein Durchbruch erfolgte, hierdurch eine Abkühlung sowohl im Innern als namentlich der Wandungen herbeigeführt würde, welche letztere hierdurch Riſse bekommen müſsten und noch mehr Waſser einſtrömen lieſsen, bis eine hinlängliche Menge deſselben durch die schützende Decke zu den Metalloiden gelangte und dann die Explosion veranlaſste. Wird die Zuläſsigkeit der Hypotheſe hierdurch gerettet, so bleiben doch noch einige Mängel derſelben fühlbar. Aus einer bloſsen Säuerung der Metalloide ist die unermeſsliche Menge der freiwerdenden Kohlensäure nicht abzuleiten, und sollte sie ein Educt glühender Foſsilien, namentlich des kohlensauren Kalkes seyn, so würden die bloſsen Wandungen der vulcaniſchen Räume hierzu nicht ausreichen, die Annahme solcher Foſsilien unter den Herden stände aber mit der Grundlage der ganzen Hypotheſe im Widerspruche. Man könnte immer den Satz aufſtellen, der Kohlenſtoff, den wir in so überwiegender Menge auf der Erdoberfläche gewahren, gehöre zu den urſprünglichen Beſtandtheilen des Erdkörpers und sein Verbrennen erzeuge die Maſse der wahrgenommenen Kohlensäure. Läſst sich dieſes gleich wahrscheinlich machen, so ist es doch unverkennbar rein hypothetisch. Ebenso bleibt der Urſprung der enormen Menge des erzeugten Schwefels in Dunkel gehüllt, obgleich derſelbe sich in den vielen Schwefelkieſen in groſser Quantität vorfindet, und zudem könnte man auch ihn als Urbeſtandtheil unſerer Erde betrachten, wie das Kochſalz, da nach Einigen sogar das Steinſalz durch Sublimation aus Vulcanen gebildet seyn soll[1], was jedoch wohl den Plutonismus zu weit treiben heiſst. Uebrigens lieſse sich das salzſaure Natron leicht aus dem eindringenden Seewaſser oder den überall verbreiteten Steinſalzlagern ableiten, schwieriger dagegen dürfte es seyn, den Urſprung des in groſsen Quantitäten erzeugten Salmiaks genügend nachzuweiſen. Man sieht, daſs immerhin noch Vieles dunkel bleibt, und zudem verliert sich dieſe Unterſuchung so tief in das Gebiet der Chemie, daſs ich billig Anſtand nehme, sie weiter zu verfolgen.

Zur Erleichterung der Ueberſicht, und um die Aeuſse-

1 Schweigger's Journ. Th. XIV. S. 278.

rungen der bedeutendsten Gelehrten über einen so viel besprochenen Gegenstand besser zu würdigen, möge die so eben mitgetheilte Theorie die *chemische* heiſsen, da sie auf Erzeugung der Hitze durch chemische Actionen, wenn gleich zunächst auf die Verbindungen des Sauerstoffs mit den Metalloiden gegründet ist. Ihr steht eine andere zur Seite, für deren Urheber Cordier gelten kann, als welcher die Thatsachen, auf welche sie gebaut ist, am ausführlichsten und gründlichsten erörtert hat. Hiernach ist die chemische Action nicht alleinige Ursache der in den Vulcanen erzeugten Hitze, obgleich sie als mitwirkend nicht gänzlich ausgeschlossen wird, sondern die enorme Wärmeproduction in den Vulcanen rührt hauptsächlich von der dem Erdkern noch eigenthümlich inwohnenden und sich bis nahe unter die äuſsere Kruste erstreckenden, starken Glühhitze her. Daſs diese Hypothese in gröſster Strenge, wie sie durch Cordier[1] selbst aufgestellt worden ist, wonach durch Zusammenziehung der äuſseren Erdrinde in Folge ihrer Erkaltung die noch feurig flüssige innere Masse aus den vulcanischen Kratern herausgepreſst werden soll, durch sehr gewichtige und wohl unwiderlegliche Argumente angefochten werde, ist bereits oben bei der näheren Betrachtung der Laven gezeigt worden, inzwischen hindert dieses keineswegs, der noch andauernden ausnehmenden Hitze der tiefer liegenden Erdschichten einen bedeutenden Antheil an den vulcanischen Actionen beizulegen. Inwiefern diese mit der zunehmenden Tiefe wachsende, selbst bis zur Glühhitze steigende Wärme des Innern der Erde, wenn gleich wahrscheinlich, dennoch nicht über jeden Zweifel erhaben sey, ist bereits oben[2] ausführlich erörtert worden; wenn wir aber dann berücksichtigen, daſs wir bei der Theorie der Vulcane noch nicht so weit gelangt sind, mit Ausschluſs alles bloſs Wahrscheinlichen auf völliger Gewiſsheit zu fuſsen, so dürfen wir dreist neben den chemischen Wirkungen auch den Einfluſs der noch andauernden inneren Erdwärme als zulässig erkennen. Dieses Alles würdigend beginnt Gay-Lussac[3] seine Prüfung der

---

1 Essay sur la Température de l'Intérieur de la Terre. Par. 1827.

2 S. Art. *Temperatur des Innern der Erde*. S. 233.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XXII. p. 415.

über die vulcanischen Actionen aufgeſtellten Hypotheſen mit dem vielleicht allzubeſcheidenen Bekenntniſs, daſs er nicht den allſeitigen Umfang von Kenntniſſen zu beſitzen glaube, um ſo ſchwierige Phänomene völlig genügend zu erklären. Nach beiden angegebenen Hypotheſen muſs Luft oder Waſſer oder beide zuſammen zu den Herden der Vulcane dringen. Der Luft ſteht die Verſtopfung der Krater durch Lava entgegen, auch würde ſich das Heben ſo ſchwerer Lavaſäulen nicht daraus zurückführen laſſen. Daſs dagegen das Waſſer bei allen vulcaniſchen Eruptionen eine bedeutende Rolle ſpiele, iſt keinen Augenblick zu bezweifeln; wie daſſelbe aber zu den Herden der Vulcane gelange, wie ſich ſeine dortige Exiſtenz wit der fortdauernden Glühhitze in jenen tieferen Räumen, die übrigens noch keineswegs erwieſen iſt, vereinigen laſſe, dieſes zu enträthſeln führt zu unüberwindlichen Schwierigkeiten. Weit leichter läſst ſich nach ſeiner Meinung annehmen, daſs die Beſtandtheile der Laven, als Kieſelerde, Thon, Kalk, Natron und Eiſen, in nicht oxydirtem Zuſtande vorhanden ſind, daſs das Waſſer zu ihnen dringt, zerſetzt wird und dadurch die vulcaniſchen Erſcheinungen hervorruft. Hieraus würde die Entwickelung einer enormen Menge Hydrogengas folgen; allein Gay-Lussac ſah bei ſeiner Anweſenheit in Neapel im J. 1805, daſs glühende Lavamaſſen bis 300 Meter hoch geworfen wurden, denen ein ſchwarzer dicker Rauch folgte, welcher die Lava emporgeſchleudert hatte, aber in dieſem konnte keine bedeutende Menge von Waſſerſtoffgas vorhanden ſeyn, weil ſchon die Hitze der Lava mehr als hinreichte, daſſelbe beim Zutritt der atmoſphäriſchen Luft zu entzünden. Möglich wäre indeſs, daſs der Waſſerſtoff nach der Zerſetzung des Waſſers ſich mit Chlor zu Salzſäure verbände, von deren Anweſenheit nach Breislak, Ménard de la Groye, Monticelli u. A. viele Spuren vorkommen, obgleich Gay-Lussac nur die des ſchwefligſauren Gaſes durch den Geruch erkannte. Inzwiſchen findet ſich das Kochſalz in Menge in der Lava, ſo daſs Monticelli und Covelli durch bloſses Auswaſchen 9 Procent erhielten. Wären aber das Silicium, Aluminium und ſelbſt auch Eiſen als Chlorüren im Innern der Erde enthalten, ſo würden ſie beim Zutritt des Waſſers eine bedeutende Hitze erzeugen, und auch die aufſteigende ſchweflige Säure ſcheint durch Zerſetzung des Waſ-

Digitized by Google

sers zu entstehn. Alle diese und noch sonstige chemische Verbindungen machen es nach Gay-Lussac sehr wahrscheinlich, daſs Seewasser in die Vulcane dringt, und der Einwurf, daſs dann die Lava durch ebendiese Canäle einen Ausweg finden würde, statt bis zum Ausgange der Krater gehoben zu werden, fällt weg, weil die auf jeden Fall engen Oeffnungen, wodurch nur wenig Wasser während der langen Ruhe der Vulcane herzuflieſst, bald durch Lava verstopft seyn müſsten. Um aber sicher fuſsen zu können, müſsten die durch die Vulcane erzeugten Producte sämmtlich genauer bekannt seyn, und in dieser Beziehung bieten die oben erwähnten Resultate, welche Boussingault bei der Untersuchung der aus den americanischen Vulcanen aufsteigenden Gasarten erhielt, in denen sich weder Wasserstoffgas noch salzsaures Gas zeigte, sehr bedeutende Schwierigkeiten dar. G. Bischof[1], welcher diesem Probleme neuerdings die gröſste Aufmerksamkeit gewidmet hat, beweist daher aus allerdings *triftigen Gründen*, daſs die chemische Hypothese zur Erklärung der vulcanischen Erscheinungen nicht genüge, und daſs diese vielmehr aus der fortdauernden Glühhitze im Innern der Erde abzuleiten seyen, eine Theorie, die nach Vorausschickung einiger minder bedeutenden Hypothesen eine nähere Erörterung verdient.

Die Untersuchungen Breislak's[2] fallen in eine Zeit, als die vielen Versuche über die mit der Tiefe zunehmende Wärme der Erde noch nicht allgemein bekannt waren, und die Rücksicht auf die in Italien so häufige Erzeugung von brennbarem Gase und von den dort überall sich findenden reichen Erdölquellen führten ihn daher zu der Vermuthung, daſs Erdpech und Naphtha einen wesentlichen Bestandtheil der tieferen Erdschichten und ein bedeutendes Beförderungsmittel der vulcanischen Feuer abgeben möchten; allein der Ursprung ebendieser, allerdings in groſsen Massen vorhandenen, Substanzen ist höchst schwierig nachzuweisen, wie wir bald sehn werden, und zugleich würde ihre Menge und die Art ihres Brennens zur Erklärung der vulcanischen Thätigkeiten nicht genügen. Nach D'Aubuisson[3] ist

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers. S. 257 ff.
2 Institutions géolog. T. III. p. 26.
3 Traité de Géogn. T. I. p. 211.

Digitized by Google

die Entstehung und die Fortdauer der Hitze in den Vulcanen eine Folge der unausgesetzt statt findenden chemischen Verbindungen; er neigt sich sonach mehr oder ausſchlieſslich zur chemischen Hypothese hin, statt daſs Biot[1] der entgegengesetzten huldigt, indem er annimmt, die ungleich dichte und mit vielen Höhlungen und Rissen versehene Erdkruste befinde sich über einem heiſsen, vielleicht noch glühenden Erdkerne, dessen Hitze durch die Krater der Vulcane auf der Erdoberfläche zum Vorschein komme. Nach Przystanowski[2] soll der Schwefel die Ursache des Brennens bei den italienischen Vulcanen abgeben, allein diese Hypothese genügt den Phänomenen überall nicht. Wenn aber Clarcke[3] von den unerwartet starken Wirkungen des von ihm vielseitig untersuchten Knallgasgebläses eine Anwendung auf die vulcanischen Feuer zu machen geneigt ist, so kann dieses nur als eine hingeworfene Idee gelten, weil sich bei näherer Entwickelung bald ergeben würde, daſs die noch obschwebenden Dunkelheiten hierdurch wenig oder gar kein Licht erhalten. Daubeny[4] entfernt sich ganz von Cordier's Theorie und leitet die Hitze von früheren und fortdauernd statt findenden chemischen Processen ab, durch welche zugleich die sich stets gleichbleibende Wärme der Thermalquellen bedingt werden soll. Auch Ampère[5], welcher die gesammten älteren und neueren vulcanischen Eruptionen mit der Urbildung der Erde in Verbindung setzt, die nach Herschel's Ansicht durch Verdichtung der in den Nebelflecken vorhandenen urweltlichen Massen entstanden seyn soll, ist Anhänger der chemischen Theorie und findet die Hypothese einer mit der Tiefe unablässig zunehmenden Wärme ganz unhaltbar, indem er vielmehr die gröſste Hitze der Erde in diejenige Kugelschicht setzt, wo die bereits gesäuerten Metalloide an die nicht oxydirten grenzen. Die Resultate der bisherigen Messungen scheinen ihm für die daraus abgeleitete Folgerung keineswegs genügend, da sie nur bis zu $\frac{1}{1500}$ des Erddurchmessers

1 Journ. des Savans. 1822. p. 241.
2 Ueber den Ursprung der Vulcane in Italien. 1822.
3 G. LXIII. 55.
4 Encyclopaedia Metropolitana. T. XL. Art. Volcanos.
5 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXVI. p. 339.

reichen, mithin noch keineswegs bis an die bezeichnete Grenze, und die sämmtlichen bisher angestellten Versuche müssen daher allerdings eine zunehmende Hitze zeigen, weil von dieser Scheidungsfläche an die Erdkruste äuſserlich abgekühlt wird. Eine tiefer hinabreichende Zunahme der Wärme würde dahin führen, den Erdkern für flüssig zu halten, aber diejenigen, die dieses annehmen, haben nicht berücksichtigt, daſs dann die im Ganzen flüssige Erde noch gröſsere Wechsel ihrer Gestalt durch den Einfluſs des Mondes erleiden müſste, als derjenige ist, den wir beim Wassergehalte derselben in der Ebbe und Fluth wahrnehmen[1]. Dagegen ist die durch chemische Verbindungen erzeugte Wärme genügend, um die Hitze in gröſseren Tiefen und die vulcanischen Phänomene daraus abzuleiten. Als eine secundäre Ursache derselben können jedoch, wie Ampère meint, die elektrischen Ströme gelten, die durch die Berührung zweier Schichten heterogener Massen erzeugt werden. Aehnliche Strömungen existiren auch auf der Erdoberfläche, welche den tellurischen *Magnetismus* und dessen Variationen bedingen, jedoch sind diese Strömungen weniger energisch wegen der geringeren Leitungsfähigkeit der bereits oxydirten Erden, die noch obendrein durch die ungleiche Erwärmung vermittelst der abwechselnd mehr oder weniger auffallenden Sonnenstrahlen modificirt wird. Das erwähnte Argument Ampère's, wonach sich eine Einwirkung des Mondes auf die flüssige Masse des Erdkerns zeigen müſste, wenn man die Lavaströme für emporquellende Theile derselben halten wollte, hat auch Lyell[2] geltend gemacht und dabei bemerkt, es müſsten dann nicht bloſs die Lavaergüsse aus den Vulcanen mit der Ebbe und Fluth wechseln, sondern die Ursachen, welche letztere erzeugen, müſsten auch vorzugsweise auf die im Krater auf Stromboli stets wallende Lava einen Einfluſs zeigen. Sinnreich meint derselbe, was wohl zu beachten ist, daſs die Veränderungen unseres Erdkörpers in einem gewissen Zusammenhange stehn, wonach die einzelnen Einwirkungen

1 Der Einwurf ist allerdings sinnreich, allein man muſs dabei berücksichtigen, daſs die Fluidität der Massen des Erdkerns auf jeden Fall eine weit geringere, als die des Wassers seyn würde, abgerechnet daſs jene in eine sehr dicke und feste Hülle eingeschlossen sind. Vergl. *Temperatur des Erdkerns.* S. 257.

2 Principles of Geology. T. II. p. 284.

sich gegenseitig balanciren, um einen stets wiederkehrenden Kreislauf hervorzubringen. Das zur Säuerung der Alkaloide frei gewordene Hydrogen könne daher wieder zur Desoxydirung der Metalloide dienen und diese dadurch zu einer neuen Oxydation vorbereiten. Wie sinnreich übrigens dieser Gedanke auch seyn mag, so fühlt man doch zugleich, daſs ihm die zur Erklärung eines wichtigen Problems erforderliche Schärfe und Bestimmtheit fehlt.

Der jüngere Herschel[1] hat eine neue Theorie aufgestellt, welche auf folgenden Hauptprincipien beruht. Wir müssen voraussetzen, daſs der Erdkern sich in einem, den Schmelzpunct bedingenden Zustande der Glühhitze befindet, die isogeothermischen Linien aber haben im Ganzen die Gestalt der äuſseren Erdoberfläche. Wenn dann hauptsächlich im Meere, weniger durch Flüsse, als durch sonstige Ursachen, eine beträchtliche Anhäufung von Erde u. s. w. entsteht, so wird die Wärme von innen heraufsteigen und könnte an der Stelle, die vorher die äuſsere Temperatur hatte, bei hinlänglicher Tiefe bis zur Glühhitze wachsen. Sinkt dann irgend ein Theil nach einem durch vermehrten Druck oder durch abschüssige Wandungen entstandenen Bruche herab und gelangt bis zu der noch flüssigen Masse des Erdkerns, so wird letztere nach statischen Gesetzen aufsteigen, und kommt sie bis dahin, wo noch Wasser aus der früheren Zeit zurückgeblieben und überhaupt die Masse damit gesättigt ist, so werden Wasserdämpfe gebildet, die dann die Decke in die Höhe treiben und sie entweder blasenartig erheben oder durchbrechen, und die bereits statisch in die Höhe gehobene geschmolzene Masse wird als Lava ausflieſsen. Finden diese Ereignisse in tiefen Meeren statt, so werden sich dort bloſs vulcanische Ausbrüche zeigen, die aber durch Abkühlung, und weil die Masse nicht hoch genug gehoben werden kann, wieder aufhören; die stärksten Anhäufungen entstehn an den Meeresküsten und daher ziehn sich an diesen die Oeffnungen der Vulcane hin.

Herschel selbst bemerkt mit einer groſse Gelehrte nicht selten zierenden Bescheidenheit, es solle das Gegebene keine eigentliche Theorie seyn, sondern nur ein Versuch, die be-

1 London and Edinb. Philos. Mag. N. LXVI. p. 212.

obachteten Erscheinungen an bekannte Thatsachen zu knüpfen. Das Ganze heiſse also einfach bloſs: die Schmelzhütte der Metalle im Innern der Erde vorausgesetzt, so wie das Streben der Wärme, sich nach auſsen zu erheben, könne unter starken Ablagerungen eine bis ans Glühen reichende Hitze sich den noch mit Wasser gesättigten Schichten mittheilen, diese heben und bei der unerschöpflichen Menge von Wärme im Innern der Erde die bei vulcanischen Eruptionen beobachteten Erscheinungen hervorrufen. Eine ähnliche, sehr zu beachtende Idee hat Babbage[1] schon früher geäuſsert. Um die räthselhaften Veränderungen zu erklären, deren Spuren sich am *Tempel des Serapis* bei Puzzuoli zeigen[2], nimmt er abwechselnde Hebungen und Senkungen an, deren Ursache in wiederholten Ueberlagerungen und in Aenderungen der Temperaturen der älteren und neueren Schichten zu suchen sey, wobei er zugleich durch Berechnungen darthut, daſs es keiner so groſsen Wärmezunahme bedürfe, um das Volumen einer groſsen Masse von Felsarten so weit zu vermehren, daſs dieses eine Hebung von mehreren Fuſsen zur Folge haben würde. Was für bedeutende Anzeigen vorhanden sind, wonach Veränderungen der Temperatur ausgedehnter Erdschichten mit ihren Hebungen und Senkungen zusammenfallen, und von welcher nicht geringen Wichtigkeit diese zur Erklärung mancher Temperaturverhältnisse und des magnetischen Verhaltens auf der Erdoberfläche sind, ist bereits an einem andern Orte gezeigt worden[3]. Andeutungen dieser Art sind daher allerdings wichtig genug, um ihnen die Aufmerksamkeit zuzuwenden, obgleich Herschel's Theorie schwerlich als genügend zur Erklärung der sämmtlichen volcanischen Erscheinungen gelten kann. Wollte man auch den ersten Ursprung der Feuerberge und die submarinischen Eruptionen daraus ableiten, wogegen sich noch manche Einwendungen machen lieſsen, so würde sie doch keineswegs zureichen, um die ganze Reihe der volcanischen Erscheinungen, die Wechsel der Ruhe und der Thätigkeiten, so wie den Ursprung der vielfachen Erzeugnisse der Feuerberge genügend daraus abzuleiten.

---

1 London and Edinb. Phil. Mag. N. XXVII. p. 213.
2 Vergl. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1606.
3 S. Art. *Temperatur*. S. 542 ff.

Digitized by Google

Die vollständigste Theorie aller vulcanischen Phänomene hat neuerdings G. Bischof[1] aufgestellt, wobei hauptsächlich diejenigen gehaltreichen Untersuchungen zum Grunde liegen, die von demselben früher über die Wärmeverhältnisse der Erde dem Publicum mitgetheilt worden sind. Gegen die Zulässigkeit einer Ableitung der vulcanischen Ausbrüche aus chemischen Zersetzungen, hauptsächlich nach Davy's Ansicht, dient ihm die oben bereits erwähnte Abwesenheit des Wasserstoffgases unter den vulcanischen Producten und die unermeſsliche Menge der vorhandenen Kohlensäure als entscheidendes Argument. Aus der Abwesenheit des Stickgases in den von Vulcanen ausgestoſsenen Gasarten geht aber hervor, daſs keine chemische Zersetzung auf Unkosten der atmosphärischen Luft statt finden kann, und auſserdem müſsten nach den Bestandtheilen der Basalte und Laven, als den Erzeugnissen der angenommenen chemischen Zersetzungen, hauptsächlich Silicium und Alumium reducirt werden, die jedoch nach Berzelius und Wöhler keineswegs den Sauerstoff begierig aufnehmen[2]. Wenn Gay-Lussac annimmt, daſs das freigewordene Wasserstoffgas sich mit Chlor zur Bildung von Salzsäure verbinde und hieraus die groſse Menge des erzeugten Kochsalzes erklärbar werde, so läſst Bischof diesem Argumente allerdings Gerechtigkeit widerfahren, findet jedoch einen Gegenbeweis in dem Umstande, daſs zwar, namentlich beim Vesuv und auch bei andern Vulcanen, salzsaures Gas vorkommt, bei andern aber nicht, und auf jeden Fall in keiner so groſsen Menge, als aus dieser Hypothese folgen müſste, wofür zugleich der Umstand entscheidet, daſs Kochsalz selten einen Bestandtheil derjenigen Mineralquellen ausmacht, die in der Nähe thätiger oder erloschener Vulcane emporkommen. Auſserdem aber fand J. Lavini[3] in der absichtlich zur Entscheidung dieser Frage genau untersuchten Asche des Vesuv von 1822 zwar einige Hydrochlorate von Metallen, die früher als Chlormetalle vorhanden gewesen seyn und durch den Zutritt des Wasserstoffs in Hydrochlorate verwandelt eine Entbindung von Wärme begünstigt haben konnten, wie dieses nicht

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. LI. p. 25.

2 Poggendorff's Ann. I. 221. XI. 146.

3 Memorie d. R. Accademia di Torino. 1829. T. XXXIII. p. 183 ff. Vergl. oben: *vulcanische Erzeugnisse.*

bei Chlorkalium und Sodium, wohl aber bei Chloralumium und vielleicht Chlormagnesium zu geschehen pflegt, allein die Menge dieser Verbindungen war selbst nicht in der Asche von 1822, auf keinen Fall aber in der von 1794 genügend, um die Entbindung der bei vulcanischen Ausbrüchen vorhandenen enormen Glühhitze daraus abzuleiten.

Bischof leitet dagegen die gesammten vulcanischen Erscheinungen von der Hitze im Innern der Erde ab. Aus den bisher bekannt gewordenen genaueren Messungen der mit der Tiefe zunehmenden Erdwärme[1] folgert er, daſs in 113505 bis 126829 Fuſs Tiefe die Schmelzhitze der Laven herrscht, und obgleich die Elasticität des Wasserdampfes bei dieser Temperatur nicht ausreichen würde, um eine so hohe Lavasäule zu heben, so ist doch leicht denkbar, daſs der Wasserdampf neben und durch die geschmolzenen Massen aufsteigt und die oberen Lagen derselben emporschleudert, weswegen nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Spallanzani, *Scrope* und Hoffmann der Stromboli abwechselnd Laven und Dampfwolken auswirft. Zugleich nimmt er eine Verbindung zwischen dem Meere und den vulcanischen Herden an, um den letzteren auf diese Weise Wasser zuzuführen, und es ist dann nicht schwer zu zeigen, daſs das Eindringen des Wassers in genügender Tiefe statt finden kann, um die Lava aus den Kratern der Vulcane herauszuschleudern, ohne daſs der hydrostatische Druck des Wassers zu gering wäre, um der Elasticität des Dampfes den gehörigen Widerstand zu leisten, um so mehr als der Wasserdampf in den engen Canälen wieder verdichtet wird. Die häufigen Beobachtungen vom Aufwallen des Meeres und vom Aufsteigen gewaltiger Dampfmassen aus demselben in der Nähe thätiger Vulcane liefern ohnehin einen positiven Beweis für eine solche Verbindung der vulcanischen Herde mit dem Wasser der Meere. Wenn Bischof zugleich seine Zuflucht zu der bekannten Behauptung von Perkins nimmt, wonach der Wasserdampf nicht durch rothglühende Oeffnungen dringen soll[2], so ist die Wahrheit dieser Thatsache auf jeden Fall sehr zweifelhaft[3], inzwischen

1 S. Art. *Temperatur im Innern der Erde.* S. 253.

2 Quarterly Journ. of Science 1827. p. 471. Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 435.

3 S. meine Untersuchungen in Poggendorff's Ann. XIII. 244.

bedarf es dieses Hülfsmittels nicht, da auf jeden Fall nach der allezeit plötzlichen Verwandlung des eingedrungenen Wassers in Dampf das noch in den engen Rissen befindliche Wasser durch die Adhäsion an die Wandungen und die aus den zahlreichen Krümmungen entspringenden Hindernisse seiner freien Bewegung einen genügenden Widerstand entgegensetzt, und zudem wird sehr richtig bemerkt, dafs die Lava selbst die Canäle verstopfen müsse, woraus sich dann die Perioden der Ruhe nach beendigten Ausbrüchen leicht erklären, wenn man zugleich berücksichtigt, dafs das zuerst eindringende Wasser an sich und bei seiner Verwandlung in Dampf bedeutende Abkühlung bewirkt und dadurch Risse und Spaltungen erzeugt, die sich aber nachher durch die von unten herauf zudringende Hitze und durch die in den glühend heifsen Wasserdämpfen theils geschmolzenen, theils erweichten Massen wieder verstopfen. Die Abkühlung kann aber bei einigen Vulcanen auch so weit zunehmen, dafs keine geschmolzenen Massen mehr ausgeworfen werden, wohl aber mehr oder minder heifse Dämpfe, was dann den Uebergang zur Erzeugung der heifsen Quellen bildet, oder aber die Verstopfung wird allgemein und der Vulcan kommt in die Reihe der erloschenen. Das Eindringen des Wassers bis zu den Herden der Vulcane unterliegt aber nach den oben bereits erwähnten Thatsachen keinem Zweifel; denn wollte man auch bei einigen keine Verbindung mit dem Meere zugeben, so müssen doch nothwendig die hydrometeorischen Wasser sich bis dahin herabsenken. Hiermit im genauesten Zusammenhange steht dann die oben (A. b. I.) mitgetheilte Beobachtung, dafs beim Aetna die Menge der Ausbrüche durch die gröfsere Quantität des Regens bedingt zu seyn scheint.

Aus diesen mehr im Einzelnen entwickelten Gründen, die durch eine reiche Zusammenstellung vieler Thatsachen unterstützt werden, führt G. Bischof die gesammten vulcanischen Erscheinungen auf die Wirkungen der Wasserdämpfe zurück, die aus dem in die Erde sinkenden Meereswasser oder dem Quellwasser erzeugt und in den enormen Rauchwolken der Vulcane als Wasserdampf ausgeworfen werden, die dann zugleich auch die Laven herausschleudern und die zahlreichen Hebungen bewirken, denen selbst die in Skandinavien beobachteten beizuzählen sind. Gegen die letztere

Digitized by Google

Ansicht dürften sich wohl die bedeutendsten Zweifel erheben laſsen, sofern es in der That schwer vorstellbar ist, wie die allgemein und auch namentlich bei den vulcanischen Phänomenen plötzlich wirkenden Wasserdämpfe so langsame, viele Jahre anhaltende, bald mehr, bald weniger zunehmende Hebungen erzeugen sollten, denen die namentlich in Grönland wahrgenommenen Senkungen gegenüber stehn. Zur Erklärung der letzteren Phänomene scheint mir die bereits oben[1] *aufgestellte* Hypothese, wonach die Erdkruste ungleich erwärmt ist und aus noch nicht genügend erforschten Ursachen bald mehr, bald weniger Wärme aus dem Innern aufnimmt, gegentheils aber nach auſsen abgiebt, dadurch dann entweder ausgedehnt oder zusammengezogen wird, bei weitem den Vorzug zu haben, um so mehr, wenn man berücksichtigt, daſs nach Babbage's eben erwähnter Berechnung es keiner so groſsen Veränderung der Temperatur bedarf, um die Felsmassen so stark auszudehnen, daſs dadurch eine Hebung von etlichen Fuſsen erzeugt wird. Die chemische Hypothese hat daher allerdings den Vorzug, daſs sie die Erklärung des Ursprungs der bedeutenden Hitze mit einschlieſst, allein der speciellen Ansicht Davy's steht das Fehlen des Wasserstoffgases als unübersteigliches Hinderniſs entgegen und keine andere Modification dieser Theorie genügt allen Erscheinungen hinlänglich, so daſs die durch G. Bischof aufgestellte Hypothese der Summe aller Erscheinungen offenbar am besten genügt, sobald man einmal die groſse Hitze in so beträchtlichen Tiefen als thatsächlich begründet annehmen darf, was mindestens einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich hat. Uebrigens versteht sich wohl von selbst, daſs diejenige Wärme, welche durch den Chemismus in Folge der statt findenden vielfachen Verbindungen, die zur Erzeugung der verschiedenen vulcanischen Producte dienen, erzeugt wird, als bei den Processen mitwirkend gelten müsse, was sich wohl noch durch specielle Untersuchungen darthun lieſse, ohne daſs dadurch der Ableitung der Hitze aus der hohen Temperatur des Erdinnern als Hauptursache Abbruch geschieht. Dabei verdient aber vor allen Dingen noch der Umstand Berücksichtigung, daſs durch die zahlreichen vulcanischen Processe eine so be-

1 S. Art. *Temperatur*. S. 544 ff.

Digitized by Google

deutende Verminderung der Erdtemperatur bedingt zu werden scheint, die mit der unveränderlichen Rotationszeit des Erdballs im Widerspruche steht. Man könnte hiergegen allerdings einwenden, daſs die groſsartigsten vulcanischen Ausbrüche allezeit nur unbedeutend in Beziehung auf die Gröſse der ganzen Erde sind, allein wenn eine solche Ursache in der immerhin bedeutenden Ausdehnung, wie sie hierbei wirklich statt findet, unablässig wirkt, so müſste sich nach Jahrhunderten und Jahrtausenden nothwendig eine Wirkung zeigen, die wir jedoch hinsichtlich des vorliegenden Problems nicht wahrnehmen. Dürfen wir aber den tellurischen Magnetismus für Thermomagnetismus halten, wie aus vielen Gründen mindestens sehr wahrscheinlich wird, so deuten die Wechsel desselben, die sich in den Veränderungen der Declination und Inclination deutlich zeigen, unverkennbar auf Oscillationen der Temperatur an verschiedenen Orten unserer Erde, obgleich aus den angegebenen Gründen die vorhandene Menge der Wärme unseres Planeten als stets unveränderlich gelten muſs. Als gewiſs darf inwischen angenommen werden, was in Beziehung auf die Erklärung der Naturerscheinungen von höchster Wichtigkeit ist, daſs bei der Groſsartigkeit der Operationen der Natur ungeachtet aller partieller höchst bedeutender Oscillationen dennoch der Zustand des Gleichgewichts stets erhalten wird.

Als Gegner dieser Hypothese und bleibender Anhänger der schon früher lebhaft vertheidigten Ansicht Davy's ist Daubeny[1] aufgetreten, wobei er die gegen diese letztere aufgestellten Argumente einzeln zu widerlegen und nach seiner Meinung neue Gründe für dieselbe aufzustellen sich bemüht. Es scheint mir sachgemäſs, den Gang der Untersuchungen dieses berühmten Geologen hier kurz mitzutheilen. 1) Der erste Einwurf soll darin liegen, daſs die Vulcane nicht stets in der Nähe des Meeres gefunden werden, wogegen jedoch die leicht nachweisbare Anwesenheit von theils süſsem, theils gesalzenem Wasser in geringer Entfernung von Vulcanen sich geltend machen läſst; allein hierüber kann nicht wohl ein

1 Edinburgh New philos. Journ. N. LII. p. 291. Auſser dessen bereits erwähnten Schriften vergl. Encyclop. metrop. Art. Volcanic Geology.

Digitized by Google

Streit statt finden, da nach beiden Hypothesen das Waſser ein unentbehrliches Agens ausmacht. 2) Gegen das zweite Argument, daſs bei dem steten Aufsteigen von Waſserdampf und von Lavaströmen aus den vulcanischen Kratern die atmosphärische Luft nicht in genügender Menge eindringen könne, um durch ihren Sauerstoffgehalt die Metalloide zu säuern, wird der stete Wechsel der Temperatur und die in dessen Folge statt findende Erzeugung von Räumen mit verdünnter Luft geltend gemacht; allein es handelt sich nicht eigentlich hierum, sondern um den unbezweifelten Mangel an Stickgas bei den vulcanischen Exhalationen, statt daſs dieses in unermeſslicher Menge aufsteigen müſste, wenn man eine Säuerung der nicht reducirten Erden durch atmosphärische Luft annehmen wollte. 3) Um die Abwesenheit des Wasserstoffgases zu erklären, beruft sich Daubeny auf die Menge der vorhandenen Salzsäure und Hydrothionsäure und glaubt den Ursprung des hierin vorhandenen Wasserstoffs nur aus der chemischen Theorie erklären zu können, was jedoch aus einer genauen Würdigung der Thatsachen schwerlich folgen dürfte. 4) Der Mangel an atmosphärischer Luft in der ungeheuren Menge der an Orten erloschener Vulcane aufsteigenden Kohlensäure wird theils durch die Behauptung geschwächt, daſs wirklich diese Luft in den Mofetten nicht ganz fehle, und dann aus der Entstehung der Kohlensäure erklärt, die ohne ununterbrochene chemische Processe durch die fortdauernde Hitze aus Kalksteinen entbunden werde. 5) Noch weniger Schwierigkeit verursache die Erklärung der Abwesenheit von Stickgas nach Boussingault, weil dieses Gas theils in mineralischen Quellen sich in Menge finde, theils zur Erzeugung von Ammoniak diene. 6) Als schwach begründet dürfte die Widerlegung des sechsten Einwurfes erscheinen, daſs die Erdmetalloide in der That so oxydabel nicht sind, als sie seyn müſsten, wenn auf ihnen die Erzeugung der enormen Hitze beruhn sollte. Hiergegen sagt Daubeny, Silicium werde durch Hydrogen und kohlensaure Alkalien leicht oxydirbar, Alumium verbrenne, wenn es über das Rothglühn erhitzt sey, Calcium und Magnium aber entzündeten sich noch leichter, und die Radicale der Alkalien könnten daher durch Zutritt von Wasser leicht eine für jene Processe genügende Hitze erzeugen. Allein die Annahme des Vorhandenseyns einer hierzu genügenden Menge von Kalium und

Natrium ist nicht begründet, und der Kalk muſs wohl im kohlensauren Zustande ursprünglich vorhanden seyn, wenn man die Entbindung der ungeheuren Menge von Kohlensäure erklären will. 7) Das aus dem specifischen Gewichte der Erde, verglichen mit dem der nicht oxydirten Grundlagen der Fossilien hergenommene Argument, welches Daubeny durch die Vergleichung des spec. Gewichts der Laven und ihrer Bestandtheile zu widerlegen sucht, scheint mir überall von keiner Bedeutung zu seyn, weil wir nicht wohl von den Erzeugnissen der Vulcane auf die den innersten Erdkern bildenden Stoffe zu schlieſsen berechtigt sind. 8) Gay-Lussac meint, das aus dem Wasser entbundene Hydrogen bilde mit Chlor Salzsäure, welche Gasart jedoch nach Boussingault bei den Vulcanen unter dem Aequator fehlt. Hiergegen führt jedoch Daubeny an, daſs Davy salzsaures Gas beim Vesuv im J. 1815 und 1829, er selbst dort 1834 und bei der Solfatara auf Vulcano 1825 in groſser Menge gefunden habe; auſserdem sey es auf Island, Java, so wie beim Idienne und Purace gefunden worden, die Menge des Salmiaks nicht zu rechnen, die als Hauptproduct der Vulcane zum Vorschein komme. Hierbei kommt es wohl hauptsächlich auf die Bestimmung des Quantitativen dieser und der übrigen Producte der Vulcane an, die auf jeden Fall als höchst schwierige Aufgabe erscheint. Endlich macht Daubeny gegen Bischof noch den Vorwurf geltend, daſs derselbe manche, auch nach seiner Theorie statt findende, chemische Processe gar nicht gewürdigt habe, namentlich den Ursprung des Schwefelwasserstoffgases, des Salmiaks und die sehr allgemeine Thatsache, daſs die aus dem Innern der Erde aufsteigenden Gase in der Regel weniger Sauerstoffgas enthalten, als die atmosphärische Luft.

Wenn man aber alle zahlreich vorliegende Thatsachen vorurtheilsfrei prüft, so lassen sich die gegen Davy's, durch ihre Einfachheit so empfehlenswerthe Hypothese aufgestellten gewichtigen Einwürfe zwar wohl beseitigen, allein doch nur durch so gehäufte und mitunter gewagte Hypothesen, hauptsächlich wenn es darauf ankommt, den Mangel des Wasserstoffgases zu erklären, daſs jene sinnreiche Theorie sich schwerlich in demjenigen hohen Ansehn auf die Dauer behaupten wird, welches ihr anfangs zu Theil wurde. Bischof[1] dehnt

1 Edinburgh New Philos. Journ. N. LII. p. 347.

Digitized by Google

seine Theorie auch auf die Erklärung der mit den vulcanischen Thätigkeiten so genau verwandten Erdbeben aus und erzählt ein in dieser Beziehung allerdings sehr beachtenswerthes Phänomen. Auf der bekannten Sainerhütte wurde ein 14 Fuſs langer, 31395 Pfund schwerer eiserner Cylinder gegossen. Nach Anfüllung der Form mit dem flüssigen Eisen brach dieses unten durch und sank bis 11 Fuſs unter die Form, *also* bis 25 Fuſs tief in den sandigen Boden. Bald darauf *erfolgte* eine erdbebenartige Erschütterung von solcher Heftigkeit, daſs die Arbeiter glaubten, das Haus werde einstürzen; ungefähr eine halbe Stunde nachher erfolgte eine zweite und nach 24 Stunden eine dritte. Da ungefähr in dieser Tiefe Canäle liegen, die das Regenwasser sammeln, so läſst sich schlieſsen, daſs durch diese Wasser herbeigeführt wurde, es fuhren auch unmittelbar nach dem Stoſse Dampfwolken aus den Oeffnungen der Canäle, und man kann sich leicht vorstellen, daſs dieselben durch Sand und Schlamm in Folge der *Explosionen* für eine Zeit lang verstopft wurden, bis das *Wasser* allmälig wieder zu dem glühenden Eisen gelangte. Aus dieser Erscheinung im Kleinen läſst sich mit Grunde auf die Erdbeben im Groſsen schlieſsen, jedoch unterliegt es keinem Zweifel, daſs viele derselben auch durch Entwickelung von Gasen im Innern der Erde entstehn, wie schon daraus hervorgeht, daſs nach Le Gentil[1], v. Humboldt[2], v. Hoff[3] und Andern[4] bei Erdbeben in Folge der vorher und gleichzeitig mit ihnen aufsteigenden Gasarten und selbst Flammen verschiedene Thiere durch den Geruch derselben unangenehm afficirt und selbst getödtet werden, so wie nicht minder aus den in vulcanischen Gegenden häufigen und starken Entwickelungen von Kohlenstoff oder Schwefel enthaltendem Wasserstoffgas aus der Erde, wovon später die Rede seyn wird.

Daſs Wasserdampf Erdbeben zu erzeugen vermöge, wenn als ausgemacht angenommen wird, daſs sie durch anderweitige elastische Flüssigkeiten hervorgebracht werden können, unter-

---

1 Nouveau Voyage autour du Monde. T. I. p. 172.

2 Reisen. Deutsche Ueb. Th. I. S. 499. Relat. Histor. T. V. p. 157.

3 Poggendorff's Ann. VII. 292. IX. 393. u. a. a. O.

4 Vergl. *Erdbeben*. Bd. III. S. 804.

Digitized by Google

liegt keinem Zweifel, und ebenso gewiſs ist wohl der Schluſs, daſs wegen des innigen Zusammenhanges zwischen den vulcanischen Thätigkeiten und den Erderschütterungen die erzeugende Ursache der ersteren auch die letzteren hervorzurufen im Stande seyn müsse; allein dadurch wird noch nicht genau und bestimmt klar, auf welche Weise elastische Flüssigkeiten eine solche Wirkung hervorzurufen vermögen, und diese Aufgabe scheint mir auch durch Bischof nicht scharf genug ins Auge gefaſst zu seyn. Bloſse Entbindung, Anhäufung und Spannung elastischer Flüssigkeiten, bis zu welchem Grade dieses auch seyn möge, kann allerdings Hebungen von Bergen und Inseln bewirken, aber nicht so leicht und unmittelbar ein unterirdisches Getöse und mehrmals wiederholte, als plötzliche Stöſse sich äuſsernde, selbst von drehender Bewegung begleitete Erschütterungen, die vielmehr das Resultat oftmals wiederkehrender Entbindungen, Verpuffungen oder auch Verschluckungen stark gespannter elastischer Flüssigkeiten zu seyn scheinen. Die von Kries aufgestellte Hypothese, wonach sich im Innern der Erde Knallgas bildet, welches durch irgend eine Ursache entzündet diese heftigen Erschütterungen erzeugen soll, ist daher diesen Phänomenen sehr angemessen, allein sie setzt eine so allgemeine und stets, selbst bei erloschenen Vulcanen, fortdauernde Entbindung von Wasserstoffgas voraus, wie dieselbe mit der Seltenheit dieser Gasart unter den vulcanischen Erzeugnissen nicht wohl vereinbar ist. Die durch Bischof mitgetheilte Thatsache einer dreimal wiederholten kleinen Erderschütterung durch plötzlich erzeugte Wasserdämpfe ist daher ein sehr wichtiger Anhaltpunct für die Aufhellung dieser stets noch nicht genügend erklärten Phänomene, da es sehr nahe bei der Sache liegt, anzunehmen, daſs Wasser zu den glühenden Massen in bedeutender Tiefe herabsinkt und dort plötzlich in Dampf verwandelt wird, welcher nicht bloſs momentane Erschütterungen erzeugt, sondern auch bald durch seine Elasticität das nachdringende Wasser zurückdrängt, bald niedergeschlagen oder entweichend ein Vacuum hervorruft, wodurch eine neue Quantität Wasser herbeigezogen wird, und durch diesen Wechsel die verschiedenen, bei den Erdbeben beobachteten Erscheinungen bedingt. Wenn aber nicht alle Erdbeben aus dieser alleinigen Ursache abgeleitet werden können, was aus der starken Entbindung mephitischer

Digitized by Google

Gasarten in Gegenden, die diesen Phänomenen vielfach ausgesetzt sind, und aus der Sicherung ebendieser Länder gegen solche Verheerungen durch Ableitungscanäle derselben elastischen Medien in einem sehr hohen Grade wahrscheinlich wird, so muſs man wohl noch zu andern Ursachen seine Zuflucht nehmen, und dann liegen offenbar chemische Operationen am nächsten, deren einige, namentlich die Verbindung des Schwefels mit Eisen, die Zersetzung von Chlor mit Wasserstoffgas durch den Einfluſs des Lichtes u. s. w., die heftigsten Explosionen zu erzeugen vermögen. Welche eigenthümlichen Processe dieser Art aber als die wahrscheinlichsten Ursachen der Erdbeben anzunehmen sind, diese Frage gehört zu sehr in das Gebiet der Chemie, als daſs ich mir eine genügende Beantwortung derselben zutrauen sollte.

Es dürfte hier der geeignete Ort seyn, einige Nachträge zu den Untersuchungen über die Erdbeben aufzunehmen, wovon bereits oben[1] ausführlich gehandelt worden ist. Rücksichtlich der Erscheinungen im Allgemeinen läſst sich nichts Wichtiges hinzusetzen, auſser etwa ein merkwürdiges Beispiel der groſsen Gewalt der Erschütterungen, die zuweilen in genau verticaler Richtung statt finden; denn bei dem starken Erdbeben in Chili am 10ten Nov. 1837 wurde zu Fort St. Carlos ein 10 Meter tief in die Erde gesenkter und mit drei Klammern befestigter Mastbaum so herausgeworfen, daſs das Loch ganz rund blieb und keine Erde weggerissen war[2]. Bei dem Erdbeben zu Kutch in Indien am 16ten Juni 1819 waren die Schwankungen so stark, daſs die Menschen dadurch auf ähnliche Weise, als durch die Schwankungen eines die Seekrankheit hervorrufenden Schiffes, afficirt wurden[3]. Im Allgemeinen giebt es wohl keinen andern Theil der Erde, welcher so oft von den gewaltsamsten Erdbeben heimgesucht wurde, als die Westküste der südlichen Hälfte von America, und die vielen Berichte der dort beobachteten Erderschütterungen geben daher die genaueste Kenntniſs solcher Katastro-

1 S. Art. *Erdbeben*. Bd. III. S. 800.

2 L'Institut VIme Ann. N. 227. p. 190. Ann. de Ch. et Ph. T. LXVIII. p. 204.

3 Edinburgh Philos. Journ. N. V. p. 120.

Digitized by Google

phen. Nach STEVENSON[1] darf man alle Jahre auf mehr als eins gefaſst seyn. Unter die stärksten rechnet derselbe die zu Arequipa in den Jahren 1582; 1604; 1687; 1715; 1784; 1819; zu Lima in den Jahren 1586; 1630; 1687; 1746; 1806; zu Quito in den Jahren 1587; 1645; 1698; 1757 und 1797. Das von 1806 zu Lima hatte STEVENSON selbst Gelegenheit zu beobachten. Man wunderte sich darüber, daſs das gewöhnliche dumpfe Getöse, welches den Bebungen vorauszugehn und sie zu begleiten pflegt, damals nicht wahrgenommen wurde; auch sagte man, daſs die Hunde es nicht vorher gehört und die Schweine es nicht gerochen hätten. Auch hierbei schien die Bewegung schaukelnd zu seyn, wie in einem Bote, wenn man sich der Küste nähert. An verschiedenen Stellen des Meeres wurden aufsteigende Flammen gesehn, wie auch in einigen Niederungen aus der Erde emporsteigende, und das Vieh, welches das dortige Gras gefressen hatte, starb danach. Die Groſsartigkeit dieser Erscheinungen in den dortigen Gegenden hat eine Menge von Beschreibungen der einzelnen vorzüglichen herbeigeführt, z. B. des Erdbebens vom 20sten Febr. 1835 durch CALDCLEUGH[2], und zugleich sind sie in jenen Gegenden so zahlreich, daſs BOUSSINGAULT[3] meint, man könne die Erde für unaufhörlich bebend halten, wenn man alle im bewohnten Theile America's wahrgenommenen Erschütterungen zusammenzählen wollte. Die Katastrophen dieser Art in Peru und Chili treffen nicht bloſs das Land, sondern auch das Meer an jenen Küsten nimmt bedeutenden Antheil daran, wie man leicht aus den geschichtlichen Nachrichten ersieht, welche WOODBINE PARISH[4] über

1 Reisen in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Weim. 1826. S. 108. 276 u. a. a. O.

2 An account of the great Earthquaque experienced in Chili on the 20. Febr. 1835. Vergl. Biblioth. univ. 1836. T. I. p. 143.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LVIII. p. 83. Von der groſsen Menge der Erdbeben überzeugt man sich bald durch die hierüber aufgestellten Verzeichnisse, z. B. durch v. HOFF in Poggendorff's Annalen oder durch die Liste der 1827 u. 1828 wahrgenommenen in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIX. p. 406., das nachträgliche Verzeichniſs der Erdbeben von 1818 bis 1826 ebend. T. XXXIII. p. 402. und andere Zusammenstellungen.

4 London and Edinb. Phil. Mag. N. XLVI. p. 181. Capitain

die Wirkungen jener durch Erdbeben bewegten Meere zusammengestellt hat. Wie bedeutsam aber solche Bewegungen sind, kann man sich leicht vorstellen, wenn man berücksichtigt, daſs den Angaben nach bei dem heftigen Erdbeben am 20sten Februar 1834 zu Conception und Talcahuana das Meer 33 Fuſs über seinen gewöhnlichen Stand gehoben wurde[1].

Ein Zusammenhang zwischen den Erdbeben und den vulcanischen Thätigkeiten ist wohl nach den bereits erwähnten Thatsachen nicht mehr zweifelhaft, wenn auch beide Phänomene nicht allezeit und durch unmittelbare Causalnexus zusammenhängen. Als vorzüglich beweisend hierfür ist zu betrachten die Menge der Erderschütterungen in vulcanischen Gegenden, ferner das Aufsteigen von Flammen aus dem Meere und aus der Erde[2], wie nicht minder das Ausströmen von ähnlichen Gasarten, als welche durch Vulcane erzeugt werden, wobei nicht zu übersehn ist, daſs auch für das *Aufsteigen von Dampf* nicht wohl zu bezweifelnde *Zeugnisse* vorhanden

---

Bagnold, welcher sich längere Zeit zu Coquimbo an der Küste von Chili aufhielt, giebt die Zahl der in 12 Monaten sich ereignenden gröſseren Erdbeben auf nicht weniger als 61 an, ohne die kleineren zu rechnen. Von dem schrecklichen Erdbeben zu Lima am 30sten März 1828 erzählt er, daſs ein englisches Schiff in der Bai von Callao an zwei eisernen Ankertauen lag. Das Schiff wurde entsetzlich hin und her geschleudert, die vorher ruhige See zeigte sich stark bewegt, die Gebäude von Lima schienen hin und her zu schwanken, und man sah, wie ihre Spitzen in die unter ihnen ausgebreitete Staubwolke herabstürzten. An einigen Stellen schien das Meer zu sieden, und als nachher die Ankerketten aufgewunden wurden, fand man die Glieder der einen, die in 36 Fuſs Wassertiefe auf weichem Grunde gelegen hatte, 13 Faden vom Anker und 25 vom Schiffe an, sehr beschädigt. Die etwa 2 Z. dicken Glieder schienen zum Theil geschmolzen und zeigten eingebrannte Löcher von 3 bis 4 Zoll Länge und $\frac{1}{8}$ Z. Durchmesser, auch fand man in diesen und auf einigen Gliedern kleine Kugeln geschmolzenen Eisens, die sich leicht abstoſsen lieſsen. Einige dieser Glieder werden zu Portsmouth zum Andenken aufbewahrt. S. Quarterly Journ. New Ser. N. X. p. 429.

1 L'Institut 1835. N. 117. p. 256.

2 Auſser den vielen bereits erwähnten Beispielen erwähnt G. Bischof in Edinb. N. Phil. Journ. N. LII. p. 351. noch die Fälle zu Lissabon in Phil. Trans. XLIX. 415. und auf der Insel Matschian in Hist. de la Conquête des Molluques. T. III. p. 318.

Digitized by Google

sind. Dahin gehören hauptsächlich die Thatsachen, welche bei den langen anhaltenden Erdbeben beobachtet wurden, die seit dem December 1811 in der Gegend tobten, wo der Ohio mit dem Mississippi zusammenflieſst, und die wir aus den Briefen von Stanley Griswold an Mitchill kennen[1]. Es wird von Augenzeugen behauptet, daſs sie aus den zahlreichen dort entstandenen Spalten nicht bloſs Gasarten, sondern auch heiſsen Dampf ausgestoſsen werden sahen, woraus eine eigene Art von Wolken entstand. Auch Stücke von Lava wurden daselbst ausgeworfen und eine Menge Bimsstein, welcher zum Theil auf dem Mississippi schwamm, wodurch der Zusammenhang der Erschütterungen mit vulcanischen Actionen wohl auſser Zweifel gesetzt worden ist. Wenn aber auch Steinkohlen und selbst Holzkohlen, ja sogar Holz, das am einen Ende verkohlt und am andern wie in Steinkohle verwandelt war (Braunkohlen), herausgeschleudert worden seyn sollen, weil man sie am Rande der Spalten fand, so ist dieses allerdings sehr interessant, wenn anders die Thatsachen nebst den begleitenden Umständen als genau angegeben und gehörig constatirt gelten dürfen. Bei dem Erdbeben, welches am 23sten Febr. 1795 zu Oberwesel bei Bonn verspürt wurde, machte Günther[2] die Bemerkung, daſs nach den Erdstöſsen alle metallene Geschirre von Schwefelwasserstoffgas angelaufen und das Wasser der Brunnen milchig geworden war; ebenso machte auch das Erdbeben von 1808 im Thale des Po das Wasser einiger Quellen trübe und milchig[3]. Dagegen wird bemerkt, daſs bei dem Erdbeben in Chili am 19ten Nov. 1822 keine Spur von aufsteigendem Gas oder Dampf wahrgenommen worden sey[4]. Aus dem Aufsteigen solcher mephitischer Gasarten sind dann auch die Vorempfindungen der Thiere vor den Erdbeben und

1 A detailed Narrative of the Earthquakes which occurred on the 16 day of Dec. 1811 .... and also a particular account of the other quakings of the Earth occasionally felt from that time to the 23 and 30 of January and the 7 and 16 of February 1812 and subsequently to the 18 of Dec. 1813 cet. by Sam. L. Mitchill, in Trans. of the Soc. of Newyork. T. I. p. 281. Im Auszuge in G. XLVI. 113. Schweigger's Journ. Th. IX. S. 106.

2 Kastner Archiv. Th. III. S. 363.

3 S. Vassalli-Eandi in Bibl. Brit. T. XXXVIII. p. 156.

4 Edinb. Journ. of Science. N. XIX. p. 56.

Digitized by Google

zum Theil ihr Geheule und ihre groſse Unruhe während der Dauer derselben leicht erklärlich, wovon schon Le Gentil[1] viele Beispiele anführt. Alle diese zahlreichen Beweise sind sicher genügend, die Erdbeben aus keiner anderen Quelle, als aus vulcanischen Actionen abzuleiten; mindestens dürften die durch andere Ursachen erzeugten zu den seltenen Ausnahmen zu zählen seyn.

Sowohl an sich, als auch hauptsächlich in Beziehung auf den Zusammenhang der Erdbeben mit noch thätigen oder erloschenen Vulcanen ist es von groſser Wichtigkeit, die Richtung der meistens horizontal fortschreitenden, wenn auch gleichzeitig vertical aufsteigenden oder undulatorischen, Bebungen zu kennen, wobei dann noch als Nebenfrage in Betrachtung kommt, in welchem Zusammenhange diese Richtung mit den Gebirgsarten stehe, durch welche die Erschütterungen fortlaufen. Vor allen Dingen muſs man die groſsen Entfernungen bewundern, bis wohin sich die Bebungen erstrecken, wie namentlich in Beziehung auf das Erdbeben zu Lissabon[2] bereits angegeben worden ist. Es würde nicht schwer seyn, mehrere ähnliche Fälle dieser Art aufzufinden, wie denn unter andern das Erdbeben am 16ten Nov. 1827 zu Sta. Fé de Bogota in Columbia am 17ten Nov. (also wegen des Längenunterschiedes an dem nämlichen Tage) zu Ochotzk gleichfalls verspürt wurde. Die Richtung desselben war von SO. nach NW., welche über die mexicanischen Vulcane nach Sibirien hinläuft[3]. Hierdurch findet die Vermuthung, welche Egen[4] aufgestellt hat, neben ihrer inneren Wahrscheinlichkeit eine Unterstützung, daſs nämlich die Erdbeben von einem Centralpuncte ausgehend

1 Nouveau Voyage autour du Monde. T. I. p. 172. Vergl. v. Humboldt Reis. Th. I. S. 499. Th. II. S. 73. v. Hoff in Poggendorff's Ann. XII. 567. XVIII. 46.

2 Vergl. Bd. III. S. 812. Weitere Nachrichten über die zu Düren in demselben Jahre 1755 und weiter 1756 wahrgenommenen Erschütterungen theilt Nöggerath in Schweigger's Journ. Th. LIII. S. 57. mit.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXII. p. 129. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. XVIII. p. 368.

4 Poggendorff Ann. XIII. 153. Die starken Erdbeben zu Lissabon 1755, zu Lima 1746 und in Calabrien 1783 gingen entschieden von einem gemeinschaftlichen Centralpuncte aus.

Digitized by Google

sich in Radien von ungleicher Länge nach allen Seiten hin ausbreiten, jedoch so, daſs die in diesen Radien liegenden Orte ungleich starken Erschütterungen ausgesetzt sind. Egen entlehnt diese Behauptung aus genauen Untersuchungen an den verschiedenen Orten, wo das Erdbeben in den Rheingegenden im Februar 1827 verspürt wurde, Nöggerath[1] aber stellt die daselbst wahrgenommenen Phänomene mit dem gleichzeitigen Verhalten des Vesuv zusammen, ohne daſs jedoch nach den von Egen aufgefundenen Thatsachen dieser Vulcan als der Centralpunct jener Erschütterungen zu betrachten seyn dürfte. Oft scheint es, als ob die Richtungslinien der in kürzeren oder längeren Perioden an den nämlichen Orten wiederholten Erdbeben sich im Ganzen gleichblieben; mindestens war dieses bei den beiden Erschütterungen der Fall, die ich in den Jahren 1822 und 1839 hier in Heidelberg erlebt habe, indem die Richtung beide Male von SW. nach NO. hinlief; auch läſst sich schon vermuthen, daſs im westlichen Europa zwischen den italienischen und isländischen Feuerbergen die Richtungslinie der Erdbeben im Ganzen von S. nach N. liegt, obgleich auch eine andere von den Inseln des griechischen Archipels aus nach Island, also von SO. nach NW., hinzulaufen scheint. Unter den 27 zu Palermo[2] seit 1792 bis 1831 beobachteten Erdbeben war die Richtung von 19 eine von O. nach W. sich erstreckende, von 4 eine von SW. nach NO. und von 4 eine von S. nach W. liegende. Die unverhältniſsmäſsig groſse Zahl 19 erklärt sich leicht aus der Lage dieser Stadt gegen den Vulcan Aetna. Im oberen Theile von Südamerica scheint die Richtungslinie der Erdbeben häufig von SO. nach NW. zu liegen, denn auſser dem bereits erwähnten Falle zu Sta. Fe de Bogota wird auch von dem Erdbeben in Chili am 19ten Nov. 1822 erwähnt, daſs die Risse und Spalten in dieser Richtung sich erstreckten[3]. Wenn sich also wirklich nachweisen lieſse, daſs die an den nämlichen Orten in nicht zu groſsen Zwischenräumen der Zeit sich wiederholenden Erdbeben die nämliche Richtung zeigen, sofern die Ursachen derselben anhaltend von den nämlichen Puncten der Erdkruste ausgehn, so scheint mir diesemnach

1 Schweigger's Journ. Th. LIII. S. 57.
2 Hoffmann in Poggendorff's Ann. XXIV. 50.
3 Edinburgh Journ. of Sc. N. XIX. p. 56.

die oben mitgetheilte Ansicht Egen's der Wahrheit am nächsten zu kommen. Hierfür sprechen auch die von Zipser[1] über das in Ungarn am 15ten Oct. 1835 beobachtete heftige Erdbeben mitgetheilten Nachrichten. Diesem war in demselben Monate des Jahrs 1833 ein Erdbeben in der Auvergne vorangegangen, bei dem in Ungarn zeigte sich aber an einigen Orten eine Richtung von SO. nach NW., an andern von NO. nach SW. und an noch andern von O. nach W., ohne daſs jedoch eine Zurückführung dieser verschiedenen Richtungen auf einen gewissen Centralpunct versucht worden ist.

G. Bischof[2] hat eine Menge Thatsachen gesammelt, die einen Anhaltpunct zur Entscheidung der Frage geben, welche Felsarten am meisten zur Fortpflanzung der Bebungen geeignet sind. Im Allgemeinen läſst sich annehmen, daſs keine in dieser Beziehung einen Vorzug vor andern hat, auſser rücksichtlich der Entfernung, bis auf welche die Bebungen fortgepflanzt werden. Merkwürdig ist aber die aus den Beschreibungen starker Erdbeben z. B. zu *Smyrna*[3], zu Messina[4], Kingstown in Jamaica 1792, zu Pignerol[5] 1808, in Calabrien[6], zu Talcahuano in Chili[7] u. a. a. O. entlehnte Folgerung, daſs die Erschütterungen heftiger auf Alluvium und Diluvium wirken, als auf feste Felsarten, indem Häuser, auf den letzteren erbauet, kaum beschädigt wurden, während die auf den ersteren errichteten Spuren der gewaltsamsten Zerstörungen zeigten. Nicht selten folgen die Bebungen der Richtung der Gebirgsketten, wie Palassou[8] aus den Erdbeben am 28sten Dec. 1779; 10ten Juli 1784; 8ten Juli 1791; 22sten Mai 1814 u. s. w. in den Pyrenäen folgert, wobei jedoch die südlicher liegenden Gegenden stärker mitgenommen wurden, als die Bergkette selbst. Das starke Erdbeben zu Caracas im J. 1813 hatte die Richtung der Cordilleren von ONO. nach

---

1 V. Leonhard und Bronn Jahrb. für Mineral. 1835. N. 2. S. 161.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. LII. p. 353.

3 Hist. de l'Acad. 1688. Buffon Hist. nat. T. I. p. 515.

4 Spallanzani Voy. T. IV. p. 138.

5 Journ. de Phys. T. LXVII. p. 238.

6 Oryktologische Bemerkungen über Calabrien. 1784.

7 Nautical Magazine. 1836. March and June.

8 Mém. pour servir à l'hist. nat. des Pyrén. p. 260 u. 916.

WSW., ebenso das zu Cumana im J. 1797, und überhaupt haben die Erdbeben in Peru und Chili die Richtung der groſsen Andeskette, welche dort an den Küsten hinläuft[1], im Allgemeinen ist ihre Richtung in jenen Gegenden von N. nach S. Nach v. Hoff[2] folgen die Stöſse der Erdbeben häufig der Richtung basaltischer Felsen und verbreiten sich nach beiden Seiten von diesen aus; es liegt jedoch in der Natur dieser Phänomene selbst, hauptsächlich in der Tiefe, wohin die sie erzeugenden Actionen zu setzen sind, und in der dort vorhandenen, uns unbekannten, von der äuſseren Configuration vielleicht abweichenden Richtung der Felsen ein genügender Grund, anzunehmen, daſs die Erdbeben nicht allezeit den festen Gesteinen der Gebirgszüge folgen können, sondern sich mitunter willkürlich nach allen Richtungen verbreiten müssen. Endlich folgt aus gleichen Gründen, daſs zwar im Allgemeinen die Centralpuncte der Erdbeben in den Herden der Vulcane zu suchen sind, daſs sie aber zugleich auch an andern Orten, als wo diese sich auf der Erdoberfläche zeigen, vorkommen können.

Die Erdbeben richten sich nicht nach den Jahreszeiten, und man darf im Allgemeinen annehmen, daſs sie hiervon ganz unabhängig sind. Mit Gewiſsheit lieſse sich dieser Satz nur behaupten, wenn man sich die Mühe gäbe, vollständige Listen dieser Phänomene zusammenzustellen, woraus aber sicher nach den bisherigen Beobachtungen kein anderes Resultat, als das angegebene, hervorgehn würde. Nimmt man dagegen einzelne Länder, und namentlich solche, wo diese Katastrophen wegen der Nähe thätiger Vulcane sehr häufig sind und eben von diesen herrühren, so stellt sich allerdings zuweilen ein ungleiches Verhältniſs ihrer Mengen nach den Jahreszeiten heraus. Unter den wenigen bis jetzt gemachten Zusammenstellungen dieser Art benutze ich zuerst die von Merian[3]. Werden alle in Basel bis 1836 wahrgenommene und aufgezeichnete Erdbeben nach den meteorologischen Jahreszeiten geordnet, so fallen

---

1 V. Humboldt Rel. hist. T. V.

2 Geschichte d. Veränd. d. Erdoberfläche. Th. II.

3 Bericht über die Verhandl. der naturforschenden Gesellschaft zu Basel N. III. Basel 1838. S. 65. Vergl. denselben: über die in Basel

in den Winter	. . .	41
in den Frühling	. . .	22
in den Sommer	. . .	18
in den Herbst	. . .	39

zuſammen 120, oder in Herbst und Winter 80, in Frühling und Sommer 40, welches Verhältniſs von 2:1 allerdings auffallen muſs. Aus einer Zuſammenſtellung der Erdbeben, welche von 1821 bis 1830 in dem nördlich von den Alpen gelegenen Theile Europa's beobachtet worden ſind, durch v. Hoff[1] ergiebt ſich, daſs in den Winter 43, in den Frühling 17, in den Sommer 21 und in den Herbſt 34 fallen, wonach alſo jenes Verhältniſs zwiſchen Herbſt und Winter zum Frühling und Sommer = 77:38 iſt. In dieſen beiden Zuſammenſtellungen iſt die Zahl der Erdbeben im Winter und im Sommer ſo auffallend verſchieden, daſs man die Urſache dieſer Ungleichheit nicht leicht dem Zufall beimeſſen kann, *ſondern* irgend einen Grund davon vermuthen muſs, *welchen aufzu*finden jedoch ſo lange unmöglich *ſeyn dürfte, als* uns die Urſachen der Erdbeben ſelbſt nicht allſeitig genau genug bekannt ſind. Die Mengen der Erdbeben ſind indeſs nicht überall nach den Jahreszeiten verſchieden, wie hauptſächlich aus dem durch Cotte[2] aufgeſtellten Verzeichniſſe der 338 Erdbeben hervorgeht, die ihm aus dem Zeitraume von 1775 bis 1806 bekannt wurden, und zu einem gleichen Reſultate führt, die nach den Monaten geordnete Zuſammenſtellung von 57 Erdbeben, die während 40 Jahren zu Palermo beobachtet und durch Hoffmann[3] aus den dortigen meteorologiſchen Regiſtern ausgezogen wurden. Die Entſcheidung über die Periodicität der Erdbeben wird ſehr erleichtert durch eine tabellariſche Ueberſicht der genannten Zuſammenſtellungen, wie dieſe bereits durch Kämtz[4] gegeben worden iſt, denen ich bloſs noch das Verzeichniſs von 63 Erdbeben hinzufüge, die von

wahrgenommenen Erdbeben, nebſt einigen Unterſuchungen über Erdbeben im Allgemeinen. Baſel 1834.

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 104.

2 Journ. de Phys. 1807. Sept. p. 161.

3 Poggendorff's Ann. XXIV. 49. Unter den 40 Jahren waren zu Palermo 17 ganz ohne Erdbeben.

4 Meteorologie. Th. III. S. 536.

Digitized by Google

Pouqueville[1] zu Janina in Epirus von 1807 bis 1815 beobachtet wurden.

	Cotte	Hoff	Hoff-mann	Merian	Pou-queville	Summe
Januar	24	31	4	12	3	74
Februar	25	36	5	14	2	82
März	23	31	13	6	6	79
April	26	29	4	5	8	72
Mai	16	33	1	11	8	69
Juni	28	33	6	3	2	72
Juli	42	20	4	7	9	82
August	34	31	6	8	7	86
September	25	24	6	12	8	75
October	38	41	2	11	2	94
November	22	26	4	14	3	69
December	35	34	2	15	3	89

Kämtz bemerkt, daſs aus der letzten Columne kein Einfluſs der Jahreszeiten hervorgeht, wogegen Merian erinnert, daſs die Vereinigung aller dieser Zusammenstellungen nicht angemessen sey, um die ungleichen Mengen der Erdbeben in den verschiedenen Jahreszeiten aufzufinden. Von der einen Seite muſs man allerdings alle Beobachtungen, mindestens von der einen beider Halbkugeln unserer Erde, zusammennehmen, wenn es sich um den Einfluſs der Jahreszeiten auf die Erdbeben im Allgemeinen handelt, von der andern aber ist erforderlich, die an gewissen Orten oder in bestimmten Zonen beobachteten Erdbeben zusammenzustellen, wenn man örtliche Einflüsse aufzufinden beabsichtigt[2]. In letzterer Be-

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 409.

2 Lambert, welcher jedoch durch seine später zu erwähnende Hypothese etwas befangen seyn mochte, behauptet, daſs die Erdbeben zu Copiapo bloſs in die Monate vom November bis April fallen. Arago äuſsert hiergegen Zweifel, führt jedoch das Zeugniſs Bouguer's in Fignre de la Terre p. 74. an, daſs heftige Erdbeben zu Peru in jedem Monate erwartet werden müssen, daſs sie aber dennoch in den letzten Monaten des Jahres am häufigsten sind. Arago stellt ferner die durch Don Felipe Castillo Albo im Mercurio Chileno bekannt gemachten Erdbeben, die zu Santiago de Chili von 1822 bis 1828 beobachtet wurden, zusammen. Von diesen fallen 7 in den Jannar; 2 in den April; 4 in den Mai; 3 in den Juni; 2 in den Juli; 5 in den

ziehung. sind die einzelnen Columnen sehr interessant, und namentlich muſs die unverhältniſsmäſsig groſse Zahl im März zu Palermo auffallen. Insofern aber die dortigen Erdbeben höchst wahrscheinlich eine Folge vulcanischer Thätigkeiten im Innern des Aetna sind und man Grund hat anzunehmen, daſs letztere vorzüglich durch das Eindringen des hydrometeorischen Wassers in das Innere dieses Berges bedingt werden, so lieſse sich dieses als eine locale Ursache der dortigen im März so häufigen Erdbeben betrachten, wenn man annähme, daſs das erforderliche Wasser aus dem schmelzenden Schnee jenes Berges entstände, eine Hypothese, die noch in der Armuth jenes Berges an Quellen eine Unterstützung findet. In v. Hoff's Zusammenstellung fällt das Maximum im October zwischen zwei so kleine Zahlen im September und November und das Minimum im Juli zwischen zwei so groſse im Juni und August, daſs man nicht wohl einen Einfluſs der Jahreszeiten auf die ungleichen Mengen der Erdbeben annehmen kann; anders aber würde es sich mit den von Merian mitgetheilten verhalten, wenn nicht zwischen den kleinen Zahlen vom März bis August im Mai wieder eine groſse aufträte. In dem Verzeichniſs von Cotte endlich wechseln die groſsen und kleinen Zahlen so sehr, und nicht minder in den Summen aller Zusammenstellungen, daſs hiernach jeder Einfluſs der Jahreszeiten verschwindet. Diesemnach ist es also wohl möglich, daſs örtliche Ursachen zu gewissen Zeiten des Jahres eine Vermehrung der Erdbeben herbeiführen, im Ganzen aber muſs man den Jahreszeiten einen Einfluſs auf diese Katastrophen absprechen. Der letzteren Ansicht ist auch Kämtz, indem er auſser den bereits erwähnten Thatsachen noch anführt, daſs nach Smyth[1] in Sicilien die Erdbeben in den ersten Monaten des Jahres am häufigsten seyn sollen, nach Le Gentil[2] aber auf Manilla

August; 1 in den September; 1 in den October; 5 in den November und 19 in den December. Allein die letzten 19 gehören sämmtlich dem Jahre 1822 zu und von den 7 im Januar gehören 6 in das Jahr 1823. Die hier angeführten 49 sind aber nur die stärksten, denn vom 29sten Nov. bis 10ten Dec. 1822 wurden allein 150 schwache Erschütterungen gezählt. S. Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 409.

1 Memoirs of Sicily. p. 6.

2 Voyage. T. II. p. 366.

Digitized by Google

in den letzten, und ebenso spricht Arago[1] den Jahreszeiten jeden Einfluſs auf die Menge der Erdbeben ab, weil aus 63 durch Pouqueville zu Janina beobachteten Erdbeben von 1807 bis 1825 kein solcher hervorgeht. Vor allen Dingen ist aber wohl zu berücksichtigen, daſs man ohne die Zusammenstellung langjähriger Beobachtungen zu keinem richtigen Resultate gelangen kann; denn in der letzten Zusammenstellung fällt die gröſste Zahl in den Monat Juli, und dennoch hatte nur das einzige Jahr 1813 unter allen neun in diesem Monate Erdbeben, aber deren 9, im ganzen Jahre dagegen 21.

Im Allgemeinen herrscht das Vorurtheil, daſs vorzüglich heftige Stürme von Erdbeben begleitet seyn sollen. Kämtz bemerkt hierüber richtig, daſs der Mensch, an den Zustand der Ruhe des Luftkreises und der Erde gewöhnt, bei auffallenden Störungen der einen auch eine gleichzeitige Störung der andern vorauszusetzen geneigt ist, wozu man noch nehmen könnte, daſs minder geübte Beobachter die Erschütterungen der Häuser und sonstiger Gegenstände nicht selten von Bebungen der Erde selbst ableiten dürften. Das Erdbeben zu Cumana am 4ten Nov. 1799 war allerdings von einem heftigen Sturme begleitet und die Bewohner glaubten daher an einen Zusammenhang beider Phänomene, allein Gewitter mit heftigen Stürmen ereignen sich in jenen Gegenden um dieselbe Zeit alljährlich[2]; bei dem starken Erdbeben in Chili am 10ten November 1837 fand gleichzeitig Sturm und heftiger Regen statt[3], und man glaubt dort sehr allgemein an einen Zusammenhang zwischen Erdbeben und der Witterung, Molina aber, dort geboren und erzogen, konnte diesen bei seinen anhaltenden Beobachtungen nicht finden, vielmehr behauptet er, daſs die zahlreichen Erdbeben sowohl bei heiterem Wetter als bei stürmischem statt finden. Hoffmann[4] versichert, daſs er sich vergebens bemüht habe, bei den 57 zu Palermo binnen 40 Jahren genauer beobachteten und in den meteorologischen Registern von Piazzi und Cacciatore aufgezeichneten Erdbeben irgend eine möglicher Weise damit in Verbindung zu

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 409.
2 V. Humboldt Voyage. T. IV. p. 16.
3 L'Institut 6me Ann.
4 Poggendorff's Ann. XXIV. 60.

Digitized by Google

bringende Witterungserscheinung aufzufinden, und zu ebendiesem Resultate gelangte DOMENICO SCINA[1] bei der Untersuchung der anhaltenden und oft wiederkehrenden Erdbeben, welche in den Jahren 1818 und 1819 die Umgebungen der Madonienkette heimsuchten.

Nicht minder allgemein herrscht der Glaube, daſs Erdbeben mit tiefen Barometerständen verbunden seyen oder daſs letztere, wenn sie noch obendrein sehr ungewöhnlich sind, auf erstere schlieſsen lassen. MERIAN[2] benutzt die seit 1755 zu Basel beobachteten und aufgezeichneten 22 Erdbeben zur Beantwortung dieser Frage. Dabei scheidet er aber zuvor die auch in einem weiteren Umkreise wahrgenommenen 9 Erdbeben aus, bei denen sich kein Einfluſs auf den Barometerstand zu Basel zeigte, ein Verfahren, dessen Zulässigkeit wohl zweifelhaft seyn dürfte, da sich die Barometerschwankungen über weite Entfernungen zu erstrecken pflegen. Unter den übrigen 13 zeigte sich bei 5 kein Zusammenhang mit dem Barometerstande, 8 aber fielen mit einem niedrigen Stande oder einer schnellen Aenderung zusammen. Aus einer Zusammenstellung der seit 1826 in der Schweiz beobachteten 36 Erdbeben und einer Vergleichung derselben mit dem Barometerstande zu Basel ergiebt sich, daſs 6 in die Classe der allgemeinen gehören, wobei kein Einfluſs auf das Barometer zu bemerken war, daſs von den 30 particulären aber 10 mit einem auffallend niedrigen oder sich schnell ändernden Luftdrucke verbunden waren. MERIAN findet es hiernach mindestens wahrscheinlich, daſs ein Zusammenhang zwischen den Erderschütterungen und dem Luftdrucke statt finde, und sucht diesen Satz noch auſserdem aus sonstigen einzelnen Fällen abzuleiten. Dürfte man dieses aber als begründet ansehn, so könnte es nach seiner Ansicht dahin führen, die äuſsere Erdkruste keineswegs für so unbeweglich zu halten, als gewöhnlich geschieht, und es wäre als möglich zu betrachten, daſs ein verminderter Luftdruck den Hebungen der Erdrinde einen geringeren Widerstand entgegensetzte. Die meisten Physiker werden indeſs die Thatsache selbst noch keineswegs für hinlänglich begründet halten, na-

1 Rapporto del Viaggio alle Madonie, impresso per ordine del Governo in occasione de' tremuoti colà accaduti nel 1818 e 1819.

2 Bericht über d. Verhandlungen u. s. w. S. 72.

Digitized by Google

mentlich wegen des durch Merian selbst gleichfalls nicht überſehenen Umstandes, daſs die Erdbeben nördlich von der Alpenkette der Mehrzahl nach in den Winter fallen, worin die niedrigen und schnell wechselnden Barometerstände häufiger sind, die Erdbeben daher öfter mit ihnen zusammenfallen können. Im Allemeinen aber wurde schon Cotte durch seine Untersuchungen zu dem Resultate geführt, daſs die Erdbeben ohne Unterschied bei hohen und niedrigen, bei schwankenden und stationären Barometerständen statt finden; zu einem gleichen gelangte Kries, und unverkennbar geht dasselbe auch aus der Zusammenstellung der 57 zu Palermo beobachteten Erdbeben durch Hoffmann hervor. In 31 Fällen stand das Barometer über und in 24 Fällen unter dem Mittel des Monats, in 2 Fällen aber auf demselben. Dennoch aber beträgt das Maximum über dem Mittel 3,584 Lin., das Minimum unter demselben 6,271 Lin., so daſs also zwar der Stand über dem Mittel der häufigere war, die absolute Gröſse des Standes über dem Mittel aber hinter der unter demselben zurückblieb. Auſserdem aber stellt sich heraus, daſs die Abweichungen des Barometerstandes bei Erdbeben vom Medium sowohl über als auch unter demselben in allen 40 Jahren niemals die Grenzen erreichten, welche in Mitteljahren ohne auſserordentliche äuſsere Einflüsse vorzukommen pflegen, in den meisten Fällen dagegen ansehnlich und oft mehr als die Hälfte des ganzen Werthes von diesen Grenzen entfernt blieben. Endlich aber gingen die Schwankungen des Barometers während der Erdbeben zu Palermo in diesen 40 Jahren niemals über die Grenzen der sonstigen gewöhnlichen Barometer-Oscillationen hinaus und waren in den meisten Fällen sehr unbedeutend. Nehmen wir hinzu, daſs der mittlere Barometerstand bei allen jenen Erdbeben nur um 0,09 Lin. geringer ist, als das allgemeine Mittel, so müssen wir zugestehn, daſs nach allen diesen Thatsachen jede Hoffnung, einen Zusammenhang zwischen den Erdbeben und den Barometerschwankungen aufzufinden, gänzlich schwindet. Ganz diesem gemäſs erzählt auch L. von Buch[1], daſs beim Ausbruche des Vesuv im Jahre 1794 alle Instrumente während der 10 Tage des stärksten Tobens in groſser Unruhe waren, die Barometer aber ihren

---

1. G. V. 11.

Digitized by Google

Stand unverändert beibehielten oder nur unbedeutend änderten.

Man betrachtet allgemein die Erdbeben als genau zusammenhängend mit vulcanischen Thätigkeiten, und zu diesem Schluſse führt auch sehr leicht die groſse Menge der Erdbeben in der Nähe der Feuerberge, wie nicht minder ihre mit der Entfernung von diesen abnehmende Zahl und Heftigkeit. Hiernach wird angenommen, wie bereits angegeben worden ist, daſs diejenigen elastischen Flüssigkeiten, welche, in ungleichen Tiefen unter der Erdoberfläche entwickelt, die vulcanischen Producte aus den Kratern der Vulcane emporschleudern, sobald sie keinen Ausweg finden oder in zu groſser Menge entwickelt werden, als daſs sie frei ausströmen könnten, die äuſsere Erdrinde durch ihre bloſse Elasticität heben oder durch ihre Explosion erschüttern und auf diese Weise die Erdbeben erzeugen. Die überwiegend triftigen Gründe für diese Hypothese liegen so nahe, daſs es kaum der Mühe werth ist, sie einzeln genauer zu erörtern. Dahin gehört unter andern das Beben der Umgegend der Vulcane während heftiger Ausbrüche der letzteren, das Aufsteigen entzündlicher Gasarten und Dämpfe aus der Erde während und vor den Erdbeben und die Beobachtung, daſs manche Gegenden durch tiefe Brunnen oder Canäle gegen die zerstörenden Wirkungen der Erdbeben geschützt werden, wie denn namentlich Palästina von den groſsen Verheerungen, die Syrien so oft heimsuchen, deswegen verschont bleiben soll, weil sich gleichzeitig groſse Mengen gasförmiger Substanzen aus unterirdischen Canälen in das todte Meer entleeren, die zugleich bedeutende Massen von Asphalt ausstoſsen. Kries[1] findet die Ursachen der Erschütterungen hauptsächlich in den Explosionen von Knallgas, indem nach Davy's Hypothese die Metalloide das Wasser zersetzen und dadurch Wasserstoffgas erzeugen, welches dann mit atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas gemischt auf irgend eine Weise entzündet werden soll. G. Bischof schlieſst diese Ursache nicht ganz aus, leitet aber die Mehrzahl der Erdbeben von der Wirkung der Wasserdämpfe ab, wofür die oben bereits mitgetheilten triftigen Gründe ein bedeutendes Argument abgeben, namentlich auch das Aufsteigen von Dampf

1 Ueber die Ursache der Erdbeben. Leipz. 1827. 8.

Digitized by Google

aus der Erde während und vor den Erschütterungen oder überhaupt in Gegenden, die solchen Katastrophen am meisten ausgesetzt sind.

Wenn wir also zur Erklärung der Erdbeben beide Hypothesen benutzen und die meisten dieser Phänomene aus der Wirkung der Wasserdämpfe, einige aus Explosionen von Knallgas und noch einige endlich aus entwickelten Gasarten ableiten, so dürfte dieses vollkommen genügen, und was hierbei etwa noch dunkel bleibt, muſs seine nähere Erklärung durch weitere Aufhellung der vulcanischen Actionen im Allgemeinen erhalten. Boussingault[1] glaubt aber, daſs namentlich die ausnehmend zahlreichen Erschütterungen in Südamerica nicht in so unmittelbarem Zusammenhange mit der vulcanischen Thätigkeit stehn, und Bischof[2] scheint nicht abgeneigt, dieser Ansicht beizupflichten. Die Erdbeben, sagt man, sind in der Andeskette so häufig und fallen so selten mit den Ausbrüchen der dortigen Vulcane zusammen, daſs man sich geneigt fühlen muſs, sie von einer anderen Ursache abzuleiten. Diese findet Boussingault für die meisten Fälle in den Einsenkungen von Felsmassen, die vorher durch vulcanische Kräfte emporgehoben wurden. Zur Unterstützung dieser Hypothese dienen ihm hauptsächlich die indischen Sagen von den Senkungen des *Capac-Urcu* bei Riobamba, die vor der Entdeckung America's statt gefunden haben sollen, indem dieser Berg früher den Chimborazo an Höhe übertraf, und auſserdem die anderweitigen Senkungen, wovon sich zahlreiche Spuren in den Cordilleren zeigen. Die französischen Akademiker waren bei den Operationen ihrer Gradmessung sehr durch den Schnee auf dem Guagua-Pichincha gehindert, in der neueren Zeit aber findet man dort keinen Schnee mehr, und die Einwohner von Popoyan bemerken, daſs die untere Schneegrenze am Purace stets höher hinauf rückt, ohne daſs die mittlere Temperatur sich merklich ändert. Allerdings müssen die Cordilleren, die zur Zeit der jüngsten Hauptkatastrophen unserer Erdkruste emporgehoben wurden, nach der Tiefe zu urtheilen, aus der sie aufstiegen, sehr heiſs gewesen seyn, sich also durch das zwar langsame, aber dennoch all-

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LVIII. p. 83.
2 Edinburgh New Phil. Journ. N. LII. p. 355.

Digitized by Google

mälig fortschreitende Abkühlen zusammenziehn, und dieses könnte daher wohl als eine Ursache mancher Bebungen erscheinen; wenn ich aber dagegen berücksichtige, daſs eben das unbestreitbar sehr langsame Abkühlen solcher ungeheurer Massen nur eine sehr allmälige Senkung derselben, keineswegs aber ein plötzliches Zusammenziehen oder ein momentanes Zusammenstürzen zur Folge haben kann, daſs ferner Einstürzungen auch noch so groſser Felsmassen in unterirdischen Höhlen zwar ein starkes Getöse und einige nicht weit verbreitete Erschütterungen, keineswegs aber solche Bebungen erzeugen können, durch welche massive Gebäude in Staub verwandelt, Bäume verdreht und eingegrabene Mastbäume gewaltsam emporgeschleudert werden, so kann ich die angegebene Ursache nicht füglich für eine solche erkennen, von welcher die allgemein bekannten Erscheinungen der Erdbeben abzuleiten wären. Ungleich leichter kann man sich vorstellen, daſs von den hydrometeorischen Wassern gewisse Quantitäten abwechselnd bis zu den glühenden Massen unter der äuſsern Erdkruste dringen, daselbst in Dampf verwandelt werden und auf die bereits angegebene Weise die heftigen Explosionen hervorrufen. Bei der ungeheuren Tiefe der südamericanischen Vulcane, deren Krater obendrein wohl groſsentheils verstopft seyn mögen, darf es uns dann nicht wundern, daſs diese keine gleichzeitigen Eruptionen zeigen, vielmehr müssen die Erdbeben viel weniger leicht bedingt seyn, wenn die entbundenen elastischen Medien aus den Kratern einen freien Ausweg finden. Endlich aber möchte ich gerade umgekehrt aus der übergroſsen Menge der Erdbeben, selbst in den Cordilleren, ein Argument gegen die Zulässigkeit der Hypothese, die sie aus Zusammenziehungen und Einstürzungen der blasenförmig aufgetriebenen Felsmassen ableitet, entnehmen, insofern namentlich groſsartige Einstürzungen durchaus nicht so häufig vorkommen können, als die fast täglichen Erdbeben erfordern würden. Allerdings läſst sich nicht füglich etwas über dasjenige, was im Innern der groſsen Andeskette vorgehn mag, mit Sicherheit bestimmen, äuſsere Spuren solcher Katastrophen aber gehören zu den selten vorkommenden Ereignissen. Das oft erwähnte Einsinken des Capac-Urcu fällt in die Zeit vor der Entdeckung America's, auſserdem aber hat man allerdings zahlreiche Spuren, daſs Ränder und groſse

Theile der Krater eingeſtürzt ſind, allein in der Regel geſchieht dieſes nur während der Dauer vulcaniſcher Ausbrüche, und von der Silla de Caracas folgert v. Humboldt[1] aus wiederholten barometriſchen Meſsungen, daſs ſie nicht merklich geſunken ſeyn könne, ungeachtet die Umgegend wiederholt durch die heftigſten Erdbeben heimgeſucht worden iſt[2].

Die ſo eben unterſuchte Hypotheſe gewinnt indeſs an Bedeutſamkeit dadurch, daſs einer unſerer kenntniſsreichſten Geognoſten, L. A. Necker[3], ſie nicht bloſs auf die Erdbeben in der Andeskette beſchränkt, ſondern auch auf viele andere in den verſchiedenſten Erdtheilen ausdehnt, ohne jedoch in Abrede zu ſtellen, daſs die meiſten Erdbeben entſchieden vulcaniſchen Urſprungs ſind, wonach ſie alſo insgeſammt entweder vulcaniſche oder durch Einſtürzungen erzeugte, oder endlich zweifelhaften Urſprungs ſeyn würden. Zu den nicht vulcaniſchen zählt er namentlich das in Murcia 1829; zu Lahore im Sept. 1827; zu Liſsa im adriatiſchen Meere 1833; zu Foligno am 15ten Jan. 1832; zu Cutch am 16ten Juni 1819; zu Cumana am 14ten Dec. 1797; zu Caracas am 26ſten März 1790; in Calabrien von 1783 bis 1786; zu Bechſtan 1772 und auf Jamaica 1692. Necker leitet die Erſchütterungen nicht bloſs von den herabfallenden Maſsen ab, ſondern auch von der eben durch dieſe verdrängten und in ſtarke Bewegung geſetzten Luft. Das Hauptargument, worauf er ſich hierbei ſtützt, entnimmt er aus den Erſchütterungen, die er in einem von ihm zu Genf bewohnten Hauſe durch das in einem unteren Gewölbe ſtatt findende Aufſchlagen eines Schmiedehammers empfand und welche auffallend denen beim Erdbeben am 19ten Febr. 1812 glichen. Auſserdem macht er geltend, daſs das Erdbeben in Calabrien 1783 mit keiner Entwickelung von Hitze, Lava, Rauch, ſauren oder ſchwefligen Producten verbunden war, daſs die Erdoberfläche ſank und nicht erhoben wurde, daſs bloſs Sand und Waſser aus den runden oder ſternförmigen Oeffnungen im Boden ausgeworfen

---

1 Voyage. T. X. p. 118.

2 Ueber das berühmte Erdbeben daſelbſt am 26ſten März 1812 s. v. Humboldt in Edinburgh Phil. Journ. N. II. p. 272. und Tartt ebend. N. IV. p. 300.

3 London and Edinburgh Phil. Mag. N. XC. p. 370.

Digitized by Google

wurden und daſs sich keine gleichzeitige Thätigkeit weder des Vesuv noch des Aetna zeigte. Das letztere Argument aus der Beschaffenheit der durch Erdbeben emporgeworfenen nicht vulcanischen Erzeugnisse wendet er auch auf die oben erwähnten Erdbeben im Thale des Mississippi an, das Ruhen der Vulcane zur Zeit heftiger Erdbeben dient ihm aber für mehrere andere Fälle als ein hauptsächliches Beweismittel, und wenn man die häufigen Erdbeben an der Küste von Cumana und zu Caracas berücksichtigt, so erscheinen auch *diese* ihm als nicht vulcanischen Ursprungs, insofern das Zusammentreffen des groſsen am letzteren Orte im April 1812 mit dem gleichzeitigen Ausbruche des Vulcans auf St. Vincent als durch Zufall herbeigeführt zu betrachten sey. Kann man indeſs diese Hypothese nicht als ganz unzulässig beweisen, so lassen sich doch gegen dieselbe die bereits erwähnten Argumente geltend machen. Durch heftige Schläge eines Schmiedehammers kann wohl ein Haus erschüttert werden, in tief liegenden *Höhlen* aber fallen die Massen entweder von *geringer Höhe* herab und erlangen dann nur eine kleine *Endgeschwindigkeit*, oder wenn sie in bedeutende Tiefen herabstürzen, so hindert eben die Tiefe des Bodens, wo sie aufschlagen, die Erzeugung und weite Verbreitung der Bebungen; selten aber dürfte ihre Fallhöhe so bedeutend seyn, daſs die verdrängte Luft, die in den Raum über die fallenden Massen wieder eindringen muſs, einen heftigen Stoſs gegen die Wandungen der Höhlen ausüben könnte.

Zum Beschluſs müssen wir noch eine Theorie erwähnen, welche zwar bei den Physikern wenig Beifall finden dürfte, der Vollständigkeit wegen aber im kurzen Abrisse hier nicht fehlen möge. Der Ingenieur Lambert[1], welcher sich lange in Südamerica aufhielt, die Gegenden von Peru und Chili genau kennen lernte und das zerstörende Erdbeben von Copiapo im J. 1817 und das von Valparaiso im J. 1821 erlebte, findet den Grund dieser Phänomene und der vulcanischen Ausbrüche, jedoch nur in specieller Beziehung auf jene genannten Länder, in der Elektricität. Dadurch, daſs die östlichen Winde die flachere Seite Südamerica's in gröſster Feuchtigkeit, die westlichen Luftströmungen dagegen die Westküste des groſsen

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 392.

Continents nur zu gewiſsen Zeiten feucht erhalten, soll sich die Elektricität in Folge der die zwischen beiden liegende Station stets trocken erhaltenden Winde, namentlich der östlichen, auf den gebogenen Kämmen der Andeskette anhäufen, weil sie weder durch trockne Luft, noch auch durch die trockne Erde entweichen kann. Zum Beweise dient ihm die auf jenen Höhen so leichte und so starke Elektricitätsentwickelung aus allen beliebigen Körpern. Diese Elektricität kann die Luft nur an der östlichen Seite durchbrechen, weil sie daselbst feuchter ist, und sie erzeugt dann die dortigen furchtbaren Gewitter; wird aber die Luft dort trocken und hindert sie dadurch den Durchbruch der Elektricität, so findet dieser durch die Küstenländer des stillen Oceans statt, indem der letztere ihr einen kürzeren Weg darbietet und sie stärker anzieht, als das atlantische Meer[1]. Sie durchströmt dabei die metallischen Adern, feuchte Erdschichten, Flüsse und Wassersammlungen, bahnt sich mit Gewalt einen Weg, wenn sie keinen findet, und erzeugt dann durch die starken Entladungen Bebungen des Bodens, Spalten, Zerreiſsungen, Verflüchtigungen der Körper, die hierzu geeignet sind, chemische Zersetzungen, z. B. Verbrennungen des Schwefels und Anthracits, mit einem Worte alle die Erscheinungen, welche wir bei den Erdbeben und vulcanischen Ausbrüchen wahrnehmen. Um allen diesen groſsen Nachtheilen vorzubeugen, soll man die Krümmungen der Cordillerenkämme durch metallene Leiter mit einander verbinden und von diesen Ableiter bis zum Ocean oder bis in die groſsen Flüsse hinführen, um der sich anhäufenden Elektricität einen Abzug zu verschaffen. Inzwischen müſste Lambert's Hypothese weit fester begründet seyn, wollte man diesen Vorschlag anders als abenteuerlich nennen.

Unter die Zahl derjenigen, welche die Erdbeben als Wirkungen der Elektricitat betrachten, ohne jedoch den eigentlichen Causalnexus so bestimmt anzugeben, als so eben erwähnt worden ist, gehört auch Vassalli Eandi[2], dem wir zu-

1 Hiernach hätte das gemeine Vorurtheil, daſs Erdbeben häufig von Gewitterstürmen begleitet seyen, gar nicht entstehn können, weil das eine Phänomen das andere ausschlieſst.

2 Bibliothèque Britannique. T. XXXVIII. p. 126.

gleich viele interessante Nachrichten über verschiedene Erdbeben in Italien überhaupt und namentlich über dasjenige verdanken, welches im J. 1808 die Gegenden im Thale des Po traf. Nach ihm bedingen sich die vulcanischen Ausbrüche und die Erdbeben wechselseitig und ihre gemeinschaftliche Ursache ist in der Zersetzung der Schwefelkiese, verbunden mit dem Einflusse der Elektricität, zu suchen.

Eine von allen bisher bekannt gewordenen bedeutend abweichende Hypothese über den Ursprung der *Erdbeben* ist durch John Davy [1] aufgestellt worden, und obgleich sie schwerlich überall Beifall finden dürfte, so mag sie doch wegen ihres anderweitig berühmten Erfinders hier kurz erwähnt werden. Gestützt auf eigens zu diesem Behuf angestellte Versuche, aus denen hervorging, daſs Thon, mit Wasser befeuchtet, sich ausdehnt, leitet er die Erdbeben davon ab, daſs groſse Lager von Thon sich ausdehnen und dadurch die Erschütterungen erzeugen sollen. Dabei glaubt er zwar nicht, daſs bei den unverkennbaren *Wahrzeichen* eines Zusammenhanges zwischen den *Erdbeben* und den vulcanischen Thätigkeiten die letzteren nicht gleichfalls Ursachen der ersteren seyn sollten, allein gerade die häufigen Bebungen auf den ionischen Inseln glaubt er deswegen nicht auf diese zurückführen zu können, weil dort heiſse Quellen gänzlich fehlen, so wie alle Spuren von Basalt und sonstigen vulcanischen Felsarten. Den Gegenstand weiter verfolgend fand Davy durch Versuche, daſs Mergel und Thon das Wasser nur sehr langsam durchdringen lassen und selbst als Pulver oder in kleinen Bruchstücken, sobald diese befeuchtet und zusammengebacken sind, den Durchgang des Wassers fast gänzlich hemmen, woraus er dann schlieſst, daſs groſse und mit vielen Spalten versehene Lagen dieser Mineralien das Wasser allmälig in sich aufnehmen, dadurch ausgedehnt werden und die Bebungen erzeugen.

Es bieten sich augenblicklich zu viele und zu gewichtige Argumente gegen die Zulässigkeit dieser Hypothese dar, als daſs es der Mühe werth seyn sollte, sie nur überhaupt namhaft zu machen.

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIX. p. 116.

Digitized by Google

B. Uneigentliche Vulcane.

Der Begriff eines Vulcans setzt eigentlich die Anwesenheit und Wirkung des Feuers voraus, und somit können bloſs diejenigen Orte, wo Feuer unter der Erdoberfläche brennt und die bekannten vulcanischen Producte ausgeworfen werden, diesen Namen erhalten; wegen der Aehnlichkeit der Erscheinungen wird es jedoch auch gestattet seyn, diejenigen Orte, wo andere Substanzen aus der Erde emporgehoben oder ausgestoſsen werden, uneigentliche Vulcane zu nennen, ohne daſs sich die Thätigkeit des Feuers bei ihnen nachweisen oder selbst nur wahrscheinlich machen läſst. Nach dieser Bestimmung können die Schlammvulcane und Gasvulcane den Feuervulcanen angereiht werden.

a) Schlammvulcane.

Ein gewöhnlicher Vulcan erhält den Namen eines Schlammvulcanes nicht, wenn er unter den übrigen Producten auch Schlamm auswirft, sobald sich das Feuer als eigentliche Ursache dieses Erzeugnisses nachweisen läſst und das Brennen auch ohne dieses Product statt findet, vielmehr bezeichnet man mit diesem Namen nur diejenigen Orte, wo ein fortdauernder oder periodischer Schlammauswurf statt findet, wobei sich nur in einigen Fällen anscheinend Spuren einer Mitwirkung des Feuers finden. Bei den meisten Schlammvulcanen ist zugleich Salzwasser vorhanden, weswegen sie auch *Salsen* genannt werden, fast ohne Ausnahme ist eine aus dem Innern emporsteigende Gasart, als Kohlensäure, Stickgas oder Wasserstoffgas, Ursache des emporgehobenen Schlammes, und nur in einzelnen seltenen Fällen zeigen sich unverkennbare Spuren eines Zusammenhanges mit eigentlichen Feuerbergen. Zu den Schlammvulcanen können zufällig vorkommende Auswürfe von Schlamm gleichfalls nicht gerechnet werden, indem diese wohl ohne Ausnahme von Wassersammlungen herrühren, die in unterirdischen Behältern lange abgesperrt waren und sich während dessen mit einer Menge erdiger Theile verbanden, wie im J. 1771 unweit Longtown eine fast vier Wochen lang aus der Erde aufsteigende Masse von Schlamm die ganze umliegende Gegend überdeckte[1]; bei den eigentlichen Schlamm-

1 S. Hausmann in Bibl. d. Reis. Th. XLIII. S. 170.

vulcanen wird vielmehr ein fortdauernder, wenn gleich periodisch unterbrochener, doch von einer anhaltend fortwirkenden Ursache erzeugter Schlammauswurf erfordert. In sehr vielen Fällen ist letzterer bloſse Folge ausströmenden Gases, und die Schlammvulcane sind daher von den Gasvulcanen nicht leicht scharf zu trennen, die Bezeichnung wird vielmehr von denjenigen Erscheinungen hergenommen, welche vorzugsweise hervortreten. Einige der bekanntesten *Schlammvulcane* sind folgende.

1) Der *Macaluba* oder *Maccaluba*, nicht weit von Girgenti, besteht im Ganzen aus einem Hügel von etwa 150 Fuſs Höhe, mit einer Menge kleiner kegelförmiger, inwendig mit nassem Schlamm erfüllter Kegel, in denen anhaltend Gasblasen aufsteigen. Der Boden ist in der Tiefe stets feucht und besteht aus unfruchtbarem Thon; die emporsteigenden Gasblasen heben eine Quantität der feuchten Masse mit sich in die Höhe, und indem dieser aufgehobene Schlamm bei trocknem Wetter erhärtet, entstehn allmälig höher anwachsende abgestumpfte Kegel, so bald die über den Rand überflieſsenden oder hinüber gestoſsenen Theile mehr austrocknen. Zuweilen läſst die Gasentwickelung etwas nach, zu andern Zeiten, vermuthlich in Folge vorausgegangener Verstopfungen, werden bedeutend groſse Mengen Schlamm mit starkem Getöse bis zu beträchtlichen Höhen emporgeschleudert, wie dieses am 30sten Sept. 1777 der Fall war. Dolomieu[1] leitet die Erscheinung davon ab, daſs im Berge sich eine Salzquelle befindet, die den oberen Thon auflöst, dessen Schwefelsäure sich mit dem Natron verbindet und Salzsäure frei macht, welche an den Kalk der unteren Lagen übergeht und aus diesem die Kohlensäure entbindet, deren Aufsteigen die Erzeugung der Schlammhügel zur Folge hat. Nach Breislak[2] soll das aufsteigende Gas, wie bei vielen andern Gasvulcanen, Kohlenwasserstoffgas seyn, allein die erstere Erklärung hat weit mehr Grund für sich, wiewohl auch de Bylandt Palsterkamp[3] übereinstimmend mit Spallanzani kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas mit Kohlensäure, in dem Wasser aber Kochsalz

1 Voyages aux Isles de Lipari.
2 Institutions géol. T. III. p. 464.
3 Théorie des Volcans. T. II. p. 131.

Digitized by Google

mit etwas Petroleum gefunden haben will. Der ausgeworfene Schlamm enthält nach demselben die nämlichen Bestandtheile, als woraus die Lava besteht, nur zerkleinert und durch Waſser in Schlamm verwandelt. Um den eigentlichen gröſseren Macaluba sind noch mehrere kleinere, auf gleiche Weise gestaltete Hügel mit Kegeln, die *Macalubette* genannt werden und gleichfalls mitunter heftige Explosionen zeigen. Bei *Caltanisetta* in Sicilien befinden sich gleichfalls Schlammvulcane, welche bei Erdbeben eine Menge Gas (man glaubt Wasserstoffgas) ausstoſsen und dadurch jene Strecken gegen Verheerungen durch Erdbeben schützen sollen[1].

2) In Italien giebt es mehrere Salsen von gleicher Gröſse, als die genannte, und von gleich interessanten Erscheinungen. Sie finden sich unter andern[2] bei *Maina* unweit Modena, bei *Sassuola* oder *Querzuola*, bei *Canossa*, drei in der Gegend von *Nirano*, eine, *delle Prate* genannt, bei Rocca Sta. Maria; die *Gorgogli di Rivalta* und *Gorgogli di Torre* im Parmesanischen, die *Bergullo* im Bononischen u. a. Spallanzani zählte bei der zu Querzuola 17 kleine Kegel von weiſser Erde, verschieden an Gröſse und alle mit einer trichterartigen Oeffnung, worin die halbflüssige Masse zu kochen scheint und zuweilen über den Rand geworfen wird. In einigen wird die Masse nur etwas gehoben, in andern und in abwechselnden Perioden schleudert das Gas den Schlamm bis zu 2, 3 und sogar 5 Fuſs empor, was stets mit einem Getöse verbunden ist. Als Spallanzani den Ort untersuchte, hatte der gröſste Hügel 6 Fuſs Höhe und 19,5 Fuſs Umfang, der kleinste nur 2 Fuſs Höhe und 4 Fuſs Umfang; alle bildeten fast einen Kreis und in der Mitte befanden sich zwei kleine Teiche, in denen das salzig schmeckende Wasser nebst dem Schlamme stets zu kochen schien. Auf der Oberfläche schwammen einige durch den Geruch kenntliche Tropfen Petroleum. Durch anhaltenden Regen verschwinden die Kegel und das Ganze zeigt eine dünnflüssige Masse, zuweilen aber, insbesondere bei trocknem Wetter, erfolgen heftige Explosionen, die mit einem donnerähnlichen Getöse verbunden sind,

1 Revue encyclop. 1823. Sept. Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. VII. p. 124.

2 Journ. de Phys. 1818. Avr. et Mai.

wobei die Kegel in die Luft fliegen. Meistens folgen mehrere solche Explosionen auf einander, wie z. B. 1754 und 1772, als man das Getöse bis 8 ital. (1,6 geogr.) Meilen weit hörte. Die Salse von Sassuola warf 1790 einen Kalkstein von etwa 800 Pfund Gewicht bis auf 20 Fuſs Entfernung. Die Salse delle Prate hat nach Ménard de la Groye einen Kegel von 150 Schritt Umfang und 4 bis 5 Meter *Höhe.* Spallanzani fing von dem zu Querzuola aufsteigenden Gase auf und fand, daſs es sich entzünden lasse, daher er dasselbe für Wasserstoffgas hält, jedoch mit weit mehr Kohlensäure gemengt, als dasjenige, welches die stets brennenden Feuer nährt. Vermuthlich steht das hier erzeugte Wasserstoffgas mit dem Petroleum in Verbindung und es läſst sich davon kein Schluſs machen auf die Gasarten anderer Salsen.

3) Unter die berühmtesten Schlammvulcane gehören die in der *Krim,* hauptsächlich auf der Insel Taman und bei Kertsch, die schon von Pallas untersucht wurden, später durch Engelhardt und Parrot[1]. Letztere fanden auf Taman zwei Bassins von 16 Meter *Oeffnung* und 2,5 Meter Tiefe, die mit einer Masse von thonigem Schlamm erfüllt waren und aus denen alle 30 bis 40 Secunden eine Luftblase von fast 1 Fuſs Durchmesser in die Höhe stieg, die dann platzte und auf welche eine Menge kleinere folgten. Dort ist ein Hügel, *Kuku-Obo* genannt, von 228 Fuſs Höhe und etwa 5400 Fuſs Umfang, auf welchem vor dem Ausbruche von 1794 ein 6 Fuſs breiter und 2 bis 3 F. tiefer Graben mit trinkbarem Wasser war, und der Boden läſst schlieſsen, daſs schon in älteren Zeiten dort verschiedene Ausbrüche statt fanden[2]. Neuerdings ist die Gegend wieder untersucht worden durch Verneuil[3], welcher angiebt, daſs die dortigen Hügel sich 200 bis 300 Fuſs über den Boden erheben und daſs ihre Seiten durch atmosphärisches Wasser und durch das überflieſsende, welches nur wenigen Schlamm enthält, gefurcht sind. Auf der Spitze trifft man kleine Höhlungen, in denen sich stets geringe Mengen von schlammigem Wasser

---

1 Deren Reise in den Kaukasus.

2 Neue nordische Beiträge. Th. VII. S. 395.

3 Edinburgh New Phil. Journ. XLVII. p. 226. L'Institut. 5me Ann. N. 219.

Digitized by Google

erheben, auch steigen häufige Gasblasen darin empor, und auſserdem zählte Verneuil daselbst gegen 40 Quellen, aus denen Petroleum geschöpft wurde. Bei dem Ausbruche von 1794 hörte man zuerst ein Brausen, dann ein Krachen, wie vom Donner, und nach einigen Minuten erhob sich angeblich eine Feuersäule von etwa 50 Fuſs Höhe und 30 F. Durchmesser eine halbe Stunde lang; im Hügel entstand eine Oeffnung, welche bald Koth bald Flamme ausspie, und das Zischen, einem Kochen ähnlich, dauerte die ganze Nacht hindurch, wobei der Schlamm zu 10 bis 12 Fuſs Höhe geworfen ward. Nach dem Kothauswurf wurde der Krater mit einer sich erhärtenden Kruste überzogen, über die man gehn konnte. Das Land, worüber der Schlamm sich ergoſs, wurde zu einem Hügel, dessen Gröſse man zu 100000 Kubiktoisen anschlägt. Im Jahre 1807 hörten die Kosaken bei Kurgau ein Getöse, wie von Artillerie, der Hügel war mit Rauch erfüllt und es erhob sich langsam eine Masse, wie ein Haus groſs; viele Steine wurden umhergeschleudert, jedoch ohne wahrnehmbare Flamme. Gewöhnlich soll man drei Tage vor einem gröſseren Ausbruche, dessen Dauer in der Regel 6 Stunden beträgt, ein starkes unterirdisches Getöse hören; es steigt dann eine Menge nach Petroleum riechendes Gas auf, auch will man zuweilen einen dicken Dampf, selbst auch Flammen, gesehn haben, die nach anderen jedoch nur weiſslicher Dampf sind. Die Luft war nach Engelhardt und Parrot nicht entzündlich und enthielt daher hierzu nicht Wasserstoffgas genug. Einige glauben, die ganze Erscheinung werde durch ein unterirdisches brennendes Steinkohlenflötz erzeugt; ob aber dieses gegründet sey, darüber müssen wohl noch künftige nähere Untersuchungen entscheiden.

4) Die Schlammvulcane von *Baku*[1] hängen wohl ohne Zweifel mit den dortigen Gasvulcanen zusammen, wovon später die Rede seyn wird. Der Hügel am Ausfluſs des Kur, auf welchem sich die Schlammkegel befinden, soll eine Höhe von 420 Fuſs gehabt haben, die Thonkegel selbst sind 20 Fuſs hoch; inzwischen ist der Gipfel des Hügels eingestürzt und seine Höhe beträgt jetzt nur noch 100 Fuſs bei

1 Leipziger Lit.-Zeit. 1819. St. 8. Kämpfer Amoen. exot. §. 10. Müller Samml. Russ. Gesch. Th. VII. S. 337.

Digitized by Google

900 Fuſs Meereshöhe. Das ausströmende Gas läſst sich nach Lenz[1] entzünden.

5) Dauxion-Lavayssé[2] beschreibt genau die zwei kleinen Schlammvulcane, die er auf der Insel *Trinidad* beobachtete. Auf einem Hügel von Thon befinden sich einige Kegel, ein bis zwei Fuſs hoch, oben offen und stets Schwefelwasserstoffgas ausstoſsend, in der Mitte aber ist ein gröſserer von etwa 5 Fuſs Höhe. Man hört ein anhaltendes Sprudeln, wie von siedendem Wasser, aber dennoch ist das nach Alaun schmeckende Wasser in den Kegeln, so wie das ausströmende Gas kalt. Es wurde eine 80 Fuſs lange Stange in die Oeffnung des einen Kegels gesteckt, um die Beschaffenheit des Innern damit zu erforschen, allein diese versank gänzlich, ohne den Grund zu erreichen. Der zweite kleine Hügel, nicht weit hiervon entfernt, hatte 15 Fuſs Höhe und 82 Fuſs Umfang; in seiner Mitte befand sich eine Grube mit stets bewegtem alaunhaltigem Wasser, in welchem eine eingesenkte Stange gleichfalls versank. Man hört auch hier ein unterirdisches Getöse und fühlt das Beben des Bodens, ja es sollen zuweilen starke Explosionen statt finden.

6) Auf Java ist ein Schlammvulcan bei *Kuhoo*, aus dessen Wasser das Salz durch die Sonnenstrahlen krystallisirt und dann von den Bewohnern benutzt wird. Die ganze Fläche der Salsen hat ungefähr zwei engl. Meilen im Umfange. In der Mitte sieht man dicke Haufen Salzthon, halbkugelförmig und 10 bis 18 Fuſs hoch, die zuweilen platzen und einen dicken weiſslichen Dampf ausstoſsen. Bei den zwei gröſsten erfolgte dieses etwa achtmal in einer Minute, und dabei wurden jedesmal gegen 60 Centner Schlamm ausgestoſsen, welche mit Getöse wieder herabfielen und einen Geruch nach Schwefelleber ausstieſsen. Die an der Sonne erhärtete Oberfläche gestattet über sie hinzugehn, was jedoch mit Vorsicht geschehn muſs, um nicht einzusinken. Obgleich der zuweilen bis 20 Fuſs hoch emporgeschleuderte Schlamm dem Gefühle nach kalt ist, so versichern doch die Anwohner, daſs in der Tiefe eine gröſsere Wärme vorhanden sey[3].

---

1 V. Humboldt Fragmente. S. 84.

2 Voyage aux Isles de Trinité. T. I. p. 4. Vergl. Ferguson in Edinburgh Philos. Trans. 1816. N. 17.

3 Biblioth.univ. 1817. Juillet.

Digitized by Google

7) Auf *Barbados* befindet sich eine Salse, deren Oeffnung in der nassen Jahreszeit voll Wasser ist, welches dann stets sprudelt, bei anhaltender Trockenheit aber verschwindet das Wasser, allein die Ausströmung des Gases dauert fort, wie man daraus sieht, daſs in die Oeffnung gegossenes Wasser sofort zu sprudeln beginnt. Das Gas ist kalt, brennt aber an einem darüber gehaltenen Lichte und muſs daher wasserstoffhaltig seyn[1].

8) Bei *Turbaco*, einem kleinen Orte unweit Carthagena, beobachtete v. Humboldt gleichfalls einen hierdurch bekannt gewordenen Schlammvulcan. Dort erheben sich etwa 18 oder 20 kleine kegelförmige Hügel zu einer Höhe von 21 bis 24 Fuſs und bestehn aus schwärzlich grauem Thone mit Vertiefungen auf ihren Gipfeln, worin sich Wasser befindet. In der Nähe hört man ein dumpfes, aber starkes Getöse, welches den stärkeren Gasentleerungen 15 bis 18 Secunden vorausgeht. Das Gas ist reines Stickgas, die Kraft aber, womit es hervordringt, deutet auf einen sehr starken Druck[2].

Die hier namhaft gemachten und die ihnen ähnlichen Schlammvulcane beruhn nach überwiegenden Wahrscheinlichkeitsgründen keineswegs auf den Wirkungen eines unterirdischen Feuers, sondern ohne Zweifel auf chemischen Processen, und bestehn in einigen Fällen bloſs aus Exhalationen irgend einer Gasart, die aus einem anhaltend feuchten Boden aufsteigt und somit die erwähnten Thonkegel bildet. Die auf Java und bei Baku, erstere weniger als letztere, machen hiervon vielleicht eine Ausnahme, weil jene Gegenden unverkennbare Spuren früherer oder noch jetziger Vulcaneität zeigen. Sofern aber die aufsteigenden Gasarten die eigentliche Ursache derselben sind, wobei dann der Auswurf des Schlammes durch die Anwesenheit des Salzwassers und Thones bedingt würde, fällt ihre Erklärung mit derjenigen zusammen, welche für die eigentlichen Gasvulcane aufgestellt worden ist, wofür auch noch der Umstand spricht, daſs sich in ihrer Nähe gleichfalls häufig Erdöl findet[3]. Ganz anders verhält es sich

1 Waller's Reise nach Indien. Deutsche Ueb.

2 Journ. de Phys. 1818. Juin. Ann. of Philos. T. V. p. 73. Vergl. Gött. gel. Anz. 1813. S. 982.

3 Vergl. Breislak Instit. géol. T. III. p. 153.

mit den Schlammvulcanen, welche Henderson[1] auf Island beobachtete, sofern diese offenbar mit brennenden Vulcanen in Verbindung stehn, auf ausgestoſsenen, mehr als siedend heiſsen Wasserdämpfen beruhen und also gleichsam einen Uebergang zu den heiſsen Quellen bilden. Henderson beschreibt den Schlammbehälter, welchen er am Fuſse des *Krabla* sah, als das Furchtbarste und Schauderhafteste, was sich die Einbildungskraft nur vorstellen kann. Von einer erhöheten Lage Lava, mit erweichtem schwarzem Bolus und Schwefel vermengt, erblickte er auf seiner Wanderung in einer lothrechten Tiefe von mehr als 600 Fuſs unter ihm 12 Behälter mit stets siedendem schwarzem Schlamme erfüllt, woraus dicke, die Sonne verdunkelnde schwarze Dämpfe emporstiegen. In einiger Entfernung traf er einen fast 300 Fuſs im Umfange haltenden Pfuhl einer schwarzen schlammigen Masse, in deren Mitte eine mächtige Säule von der nämlichen Substanz unter stetem Rauchen in die Höhe sprang. Als dieses Phänomen intermittirte, konnte er genau die Beschaffenheit des Schlammes untersuchen, welcher aus Wasser, Schwefel und schwarzem Bolus zusammengesetzt war und als eine Säule von wenigstens 10 Fuſs Durchmesser abwechselnd von 5 bis 30 Fuſs Höhe emporgeschleudert wurde. Das Sieden hörte nie auf, die Schlammauswürfe erfolgten aber in Absätzen von etwa 5 Minuten und in der Zwischenzeit sprangen Wasserstrahlen bis zu etwa 12 Fuſs hoch empor. In derselben Gegend befanden sich noch mehrere kleinere Behälter von der nämlichen Beschaffenheit, auch sah Mackenzie[2] deren häufig auf Island, in denen jedoch der Schlamm nur etwa 6 bis 8 Fuſs hoch geworfen wurde.

b) Gasvulcane.

An verschiedenen Orten quillt eine wahrhaft erstaunenswerthe und ganz unerschöpfliche Menge Gas aus der Erde.

---

1 Island. Th. I. S. 207. Vergl. Olafsen's und Povelsen's Reise. S. 726. Auſser den hier erwähnten werden noch viele sonstige Behälter mit siedendem Schlamme an verschiedenen Orten auf Island, namentlich in der Nähe der Geiser, gefunden.

2 Reise durch die Insel Island. Deutsche Ueb. Weimar 1815 S. 142. 147.

Digitized by Google

Einige Höhlen dieser Art, die hauptsächlich kohlensaures und schwefligsaures Gas liefern und durch ihre erstickende Eigenschaft berühmt geworden sind, wurden bereits oben[1] namhaft gemacht; es giebt deren aber noch mehrere, wo nicht Höhlen, doch Plätze, die auf gleiche Weise die Aufmerksamkeit der Naturforscher rege gemacht haben. Als vorzüglich schrecklich darf das erst neuerdings durch A. Loudon[2] näher untersuchte *Todesthal* (*Guwo Upas*, *Gifthal*), etwa 3 engl. Meilen von Balor auf Java, genannt werden. Der Zugang war, der Beschreibung nach, beschwerlich, und bei der Annäherung empfand man in einer Entfernung von einigen Schritten einen erstickenden Geruch, welcher dicht am Rande des Thales wieder verschwand. Das längliche Thal, etwa eine halbe Meile im Umfange haltend, 30 bis 35 Fuſs tief, völlig eben, ohne alle Vegetation des Bodens, auf welchem anscheinend einige groſse Fluſssteine lagen, war überall mit Skeletten von Menschen, Tigern, Wildpret und Vögeln aller Art bedeckt. In der aus harter, sandiger Substanz bestehenden Fläche sah man nirgends Risse oder Spalten, die Ränder aber waren mit Bäumen und Gesträuchen bewachsen. Ein hinabgelassener Hund fiel nach 14 Secunden auf den Rücken, lag unbeweglich, athmete aber noch 18 Minuten, ein anderer fiel schon nach 10 Secunden bewegungslos nieder und athmete nur noch 7 Minuten, und ein dritter starb, ehe er den Boden erreicht hatte. Die Knochen eines Menschen, welcher am Rande umgekommen war, erschienen so weiſs, wie Elbenbein gebleicht, und es ist wahrscheinlich, daſs Verbrecher oder Verirrte hier den Tod fanden, da bei zu groſser Annäherung plötzlich Betäubung eintritt, die das Zurückkehren unmöglich macht. Ein Geruch nach Schwefel, wie bei der Hundsgrotte unweit Neapel, ist hier nicht zu bemerken, ungeachtet noch thätige Vulcane in der Nähe sind.

Ausströmungen von kohlensaurem Gas, *Mofetten*, giebt es viele in der Nähe sowohl thätiger als auch erloschener Vulcane, wie vorzugsweise G. Bischof[3] durch ausführliche

1 S. Art. *Höhlen*. Bd. V. S. 421.

2 Edinburgh New Philos. Journ. N. XXIII. p. 102.

3 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. S. 317 ff.

und gründliche Untersuchungen gezeigt hat. Häufig ist dasselbe an Wasser gebunden und giebt dann den sogenannten *Säuerlingen* den Ursprung, nicht selten strömt dasselbe aber frei aus der Erde, und zwar in ausnehmend groſser Menge. Am Vesuv zeigen sich die Ausströmungen meistens erst Wochen lang nach den Ausbrüchen, ja im J. 1822 geschah dieses erst 40 Tage nachher; sie dauern dann einige Tage bis mehrere Monate und sollen Exhalationen der in Spalten und Klüfte eindringenden und daselbst erkaltenden Lava seyn, weswegen ihre Menge bei der Annäherung zum Krater nicht zunimmt. Auſser diesen vorübergehenden Ausströmungen von Kohlensäure giebt es auch perennirende (ohne die Säuerlinge mit zu zählen) in allen Gegenden der Erde, wo sichtbare Spuren früherer oder noch dauernder vulcanischer Thätigkeit vorhanden sind, als namentlich die durch Boussingault[1] in America nicht weit vom Aequator gefundenen, in der Auvergne, wo Fournet[2] in der Nachbarschaft von Pontgibaud eine Menge ausströmende heiſse Kohlensäure entdeckte, am Rhein in der Gegend des Laacher Sees, welche Mofetten durch G. Bischof untersucht wurden. Dort kommt das Gas im Wasser bloſs am Rande vor, wo die Tiefe nur etliche Fuſs beträgt, desto reichlicher aber findet es sich in der Umgebung. Am stärksten zeigt sich die Entwickelung im Kesselthale bei Wehr, dem wahrscheinlichen Mittelpuncte des ehemaligen Kraters. Eine einzige Gasquelle im Brohlthale liefert gegen 5000 rhein. Kubikfuſs Gas in 24 Stunden, und da man die gesammte Production jener Gegend füglich tausendmal so groſs schätzen kann, so beträgt dieses 5 Millionen Kubikfuſs oder 600000 Pfund Kohlensäure täglich[3]. Wegen der fortdauernden Entwickelung dieser Mofetten kann ihre Ursache nicht die seyn, welche sie bei den Vulcanen erzeugt, auch läſst sie sich nicht in einem Verbrennen kohlenstoffhaltiger Substanzen suchen, welches sonst zugleich eine Menge Stickgas erzeugen müſste, und Bischof leitet daher ihren Ursprung von der Bildung des Basaltes und sonstiger vulcanischer Producte aus kohlensaurem Kalke, Natron und Magnesia her, als welche Stoffe sich

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 1833. Janv.
2 Edinburgh Philos. Journ. N. XVIII. p. 377.
3 Schweigger's Journ. T. LVI. p. 147.

Digitized by Google

in jenen Felsarten in bedeutender Menge finden. Dabei müſste dann angenommen werden, daſs die Erzeugung jener vulcanischen Gebilde durch den Einfluſs der dauernden inneren Erdwärme bewirkt würde, die erzeugte Kohlensäure aber sich durch Risse und Spalten nach der Oberfläche der Erde begäbe[1]. Unter Gasvulcanen versteht man zunächst diejenigen Orte, an denen Wasserstoffgas aus der Erde aufsteigt, welches sich entzünden läſst und dann eine längere oder kürzere Zeit, zuweilen ohne Unterbrechung, stets fortbrennt. Auf diese bläulichen, etwa 5 Fuſs hohen, hüpfenden Flammen, wie sie sich in Italien zeigen, hat vorzugsweise Spallanzani[2] zuerst aufmerksam gemacht, nachher aber sind ebendiese durch Ménard de la Groye[3] ausführlich beschrieben worden.

1) In Italien sind solche bei *Pietra Mala*[4], wo vier mit einer gröſseren und vielen kleineren Flammen brennende Stellen gefunden werden, die das Feuer *del Legno, dell' Acqua Buia, del Peglio* und *de Canida* heiſsen. Das erste ist das stärkste, liegt dem Wirthshause an der Landstraſse am nächsten und wird daher am meisten von Reisenden besucht. Auf einer Fläche von 12 Fuſs Durchmesser erscheinen mehrere Flammen, deren eine hell, rein und ohne Rauch aus einer kleinen Oeffnung in der Erde aufsteigt. Bei Nacht erscheint sie blaſsgelb, fast weiſs, erreicht etwa 5 Fuſs Höhe, hat 3 Fuſs Durchmesser und theilt sich zitternd oben tulpenartig in viele Blätter. Andere Flammen in ihrer Nähe erheben sich kaum zu einem Fuſs oder zu 2 bis 3 Zoll, sind blau und erscheinen bloſs, wenn sie gröſser sind, oben etwas gelblich. Erweitert man die Oeffnungen mit einem Stabe oder

---

1 Wegen des weiteren Verfolgs dieser Untersuchungen von Bischof, wonach er die Anwesenheit von tropfbar-flüssiger Kohlensäure im Innern der Erde annimmt und in ihrer Elasticität bei einwirkender höherer Temperatur ein Mittel zur Hebung der Laven findet, verweise ich auf das Werk selbst.

2 Voyages aux deux Siciles. T. V. Von der Porretta Nova als brennender Quelle ist schon in Comment. Bonon. T. I. p. 119. die Rede.

3 Journ. de Physique. T. LXXV. p. 236. T. LXXVI. p. 254. Dort findet man die frühere Literatur.

4 Odeleben Beiträge zur Kenntniſs von Italien. Th. I. S. 130. Vergl. G. LII. 445.

ſtampft man mit dem Fuſse auf den Boden, so werden die Flammen gröſser; die kleineren lassen sich leicht ausblasen oder mit ein wenig Erde auslöschen, entzünden sich aber bald wieder; die gröſseren dagegen erlöschen durch starken Wind nicht, bloſs durch eine gröſsere Menge Wasser, und entzünden sich auch dann bald wieder mit einem heftigen Knalle, was nach Spallanzani und Ménard de la Groye von der Hitze des Bodens herrührt, so daſs sie nach dessen genügender Abkühlung durch Kunst wieder entzündet werden müſsten. Die Hitze der Flamme ist beträchtlich, reicht aber nicht hin, um Steine zu verglasen; das Gas ist kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas mit etwas Petroleumdampf, wie durch den Geruch und die Farbe der Flamme angezeigt wird. Die Acqua Buja ist ein kleiner Teich, von höchstens 6 Fuſs Durchmesser, mit kaltem, klarem, aber brakisch schmeckendem Wasser, aus welchem stets Gasblasen aufſteigen, die einen Geruch nach Kohlenwasserstoffgas verbreiten. Das in der Nähe aufsteigende Gas entzündet sich leicht, brennt aber nicht beständig.

Die Feuer von *Barigazzo* werden schon im J. 1684 erwähnt; sie nehmen einen Raum von 15 Fuſs Länge und 3 Fuſs Breite ein und brennen in drei Gruppen höchstens zwei Fuſs hoch. Spallanzani lieſs sie insgesammt auslöschen, grub dann eine Vertiefung und erhielt in derselben eine 8 Fuſs hohe und 5 Fuſs dicke Flamme, welche nach seiner Anweisung eine Zeit lang zum Kalkbrennen benutzt wurde. In der Umgebung, z.B. zu Orto dell' Inferno, bei Vetta, bei Reina und Serra de' Grilli, sind gleichfalls solche Feuer, am letzten Orte nur kleine, die höchstens einen Fuſs hoch werden und erst brennen, wenn man sie anzündet, obgleich das Gas stets aufsteigt. Aehnliche Feuer bei Velleja am Flusse Chero beschrieb Volta zuerst im J. 1784 als sehr groſs und gewaltsam.

2) In Frankreich findet man neben der kleinen Stadt St. Barthelemy die sogenannte brennende Quelle der Dauphiné. Sie liegt nicht weit von Grenoble und hat ihren Namen ohne Zweifel daher, daſs ehemals dort Wasser stand, in welchem das brennbare Gas aufstieg. Jetzt fehlt das Wasser, aber das in nicht beträchtlicher Menge aufsteigende Gas läſst sich entzünden.

Digitized by Google

3) In Groſsbritannien finde ich keine Gasvulcane angegeben, obgleich in den Kohlenminen eine Menge des entzündlichen Gases frei wird. Inzwischen erzählt Thomson[1], daſs einst bei Bidlay unweit Glasgow an den Ufern eines kleinen Flusses eine bedeutende Menge Gas ausströmte, welches ein Pachter in Röhren auffing, anzündete und 5 Wochen lang als Brennmaterial benutzte.

4) Ungarn hat mehrere stets brennende Feuer, unter denen der *Zugo* bei Klein-Saros am bekanntesten ist[2]. Auſserdem strömt in der Salzgrube bei Szalatina aus einer Spalte in einer Lettenschicht seit dem 13ten März 1826 stets Leuchtgas (kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas), welches sich zufällig entzündete, nachher aber in Röhren fortgeleitet und zur Erleuchtung der Grube benutzt wurde[3].

5) In Lycien bei Phaselis soll schon seit 2000 Jahren das Bergfeuer *Yamar* in einer Felsenspalte brennen[4]; bei der Mangelhaftigkeit der Nachrichten ist jedoch schwer zu entscheiden, ob der Ort ein eigentlicher Gasvulcan oder ein noch brennender wirklicher Vulcan sey.

6) Die bedeutendsten, seit den ältesten Zeiten bekannten, von vielen Reisenden besuchten und beschriebenen Gasvulcane sind die stets brennenden Feuer auf der Insel Absheron oder Abnheron, 15 Werst von Baku am kaspischen Meere, von den Eingebornen *Ateschgah* (Feuerstätte) genannt. Das brennbare Gas ist dort so reichhaltig vorhanden, daſs es aus jedem in die Erde gemachten Loche hervorquillt, sich an einem genäherten Lichte entzündet und nicht eher erlischt, als bis man die Oeffnung mit etwas Erde bedeckt. Insbesondere haben Forster und Reineggs über die dortige Gegend interessante Nachrichten mitgetheilt. Die das eigenthümliche Phänomen zeigende Strecke beträgt ungefähr zwei französ. Quadrat-

1 Edinburgh Journ. of Sc. N. Ser. N. I. p. 67. Einige werden erwähnt in Phil. Trans., N. XXVI. p. 482. N. CCCXXXIV. p. 475., in neueren Schriftstellern finde ich jedoch keine weitere Nachricht davon.

2 V. Jacquin in G. XXXVII. 1.

3 Poggendorff's Ann. VII. 133.

4 Beaufort's Caramania. Lond. 1837. p. 44. Von einer brennenden Quelle des dodonäischen Jupiters redet Plinius H. N. II. 103.

meilen und liegt etwa drei Meilen vom Meere entfernt. Das Gas steigt am häufigſten aus einem dürren, steinigen Boden von Muschelkalk auf, wo ehemals ein altes Gebäude mit 12 indischen Priestern und noch andern Feueranbetern stand[1], und der Tradition nach sollen jene Feuer schon mehrere Tausend Jahre gebrannt haben. Der Tempel war gewölbt, und wenn man den Rissen in der Mauer ein Licht näherte, so entzündete sich eine Flamme, die sich anderen Rissen mittheilte, aber alle lieſsen sich leicht ausblasen. Im Boden befanden sich Gruben, über denen gekocht wurde. Zu diesem Ende stecken die Bewohner ein Rohr in die Erde, entzünden das ausströmende Gas mit einem Lichte, und es brennt dann so lange, bis es mit einem eigenen Deckel ausgelöscht wird. Die Flamme läſst sich auch zum Kalkbrennen benutzen[2]. Die Quantität des hier ausströmenden Gases ist gröſser, als an irgend einem andern Orte, und die Feueranbeter Asiens betrachten dieses Feuer als ein heiliges, weswegen viele *Wallfahrten* dahin angestellt und Schläuche, mit dem ausströmenden Gase angefüllt, in entfernte *Gegenden* gebracht werden. Dennoch hatte man stets keine genauere Kenntniſs seiner Beschaffenheit. Volta hielt es für Sumpfluſt, Spallanzani für Wasserstoffgas oder eigentlicher Kohlenstoff-Wasserstoffgas, welches nach Breislak aus Petroleum entstehn soll, eine Ansicht, die auch Ménard de la Groye theilt. Lenz hat dem Mangel unserer Kenntniſs dieses Erzeugnisses abgeholfen, indem er eine genügende Menge des Gases in wohlverwahrten Flaschen nach Petersburg sandte, wo dasselbe durch Hess analysirt wurde[3]. Letzterer fand, daſs es Kohlenwasserstoffgas mit einem kleinen Zusatze von Naphtha sey, welches aus 77,5 Kohlenstoff und 22,5 Wasserstoff besteht. Betrüge der Wasserstoff 24,6 in 100, so würde es in die Formel CH^4 passen; der Unterschied soll auf der Anwesenheit von etwas Kohlensäure beruhn. Die Temperatur des ausströmenden Gases, da wo es nicht stets brennt, fand Lenz der mittleren des Bodens ungefähr gleich, nämlich 12° C.

1 Lenz fand daselbst etwa 20 feueranbetende Hindu. S. v. Humboldt Fragmente. S. 81. Vergl. Poggendorff's Ann. XXIII. 297.

2 Mounsey in Philos. Trans. XXV. p. 296.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLVII. p. 227.

Digitized by Google

Die Gegend von Baku ist bekanntlich sehr reich an Petroleum und zeigt sichtbare Spuren früherer und anscheinend noch fortdauernder Vulcaneität, wenn auch letztere gegenwärtig darauf beschränkt ist, daſs durch die unterirdische Hitze Petroleum zerlegt wird. Aus der starken Gasentwickelung lassen sich dann auch die nicht selten in jenen Gegenden sich zeigenden vulcanartigen Explosionen erklären. So erhob sich unter andern am 27sten November 1827 etwa 14 Werste von Baku beim Dorfe Jakmali ein Feuer, welches sich unter lautem Donner entzündete und erst sehr hoch, dann niedrig brannte, bis es nach 24 Stunden erlosch. Die Flamme dieses Gases soll heller, als die beim Götzentempel, und das Gas selbst geruchlos gewesen seyn[1], welche beide Angaben jedoch unter sich nicht gut übereinstimmen.

7) Aehnliche Gasvulcane findet man in Kurdistan bei Arbela, auch zu Chittagong in Bengalen und an andern Orten des asiatischen Hochlandes. Auch auf Sumatra soll ein stets brennender Berg mit vielem Petroleum seyn und die Anwesenheit des letzteren erlaubt auf einen dortigen Gasvulcan zu schlieſsen.

8) Im Dorfe Fredonia im Staate Newyork, etwa 40 engl. Meilen von Buffalo und nur zwei vom See Erie, gewahrte man beim Abbrechen einer Mühle mehrere aus dem Wasser des Flusses Canadaway aufsteigende Gasblasen und fand, daſs sie sich entzünden lieſsen. Es wurde darauf ein Loch in den Felsen gebohrt, aus welchem wirklich ein übel riechendes Gas aufstieg, welches man in einem Gasometer auffing und zur Erleuchtung des Dorfes mit mehr als hundert Flammen benutzte, die etwas minder hell brennen, als die künstlichen Gaslichter. In einiger Entfernung vom Dorfe steigt in dem nämlichen Flusse noch eine vielleicht viermal so groſse Quantität auf[2].

Daſs das erwähnte eigenthümliche brennbare Gas an vielen Orten der Erde erzeugt werde, obgleich es nicht als Gas-

1 Carlsruher Zeitung 1828. N. 59. Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIX. p. 425.

2 Edinburgh New Philos. Journ. N. XVII. p. 185. Vergl. VIII. p. 404.

Digitized by Google

vulcan verbrennt oder überhaupt nur auf die Oberfläche emporsteigt und daselbst wahrgenommen wird, geht daraus unbestreitbar hervor, daſs man dasselbe so oft aus Bohrlöchern, hauptsächlich wenn diese auf Salzlager stoſsen, mitunter in ungeheurer Menge emporkommen sieht. Ueber die artesischen Brunnen in China, die auch *Feuerbrunnen* heiſsen, weil das aus ihnen aufsteigende Gas zum Heizen der Salzpfannen benutzt wird, ist bereits geredet worden [1]. Kommt eine brennende Fackel der Oeffnung des Brunnens nahe, so entzündet sich das Gas und erzeugt zuweilen eine 20 bis 30 Fuſs hohe Flamme. Manche Bohrlöcher geben gar kein Salzwasser, einige gaben es früher, sind aber vertrocknet und man erhält aus ihnen bloſs noch inflammables Gas, darum werden Sicherungsmittel gegen die Annäherung von Feuer angewandt, doch ereignete sich einst eine Entzündung, welche eine dem Erdbeben ähnliche Detonation verursachte, die Flamme lieſs sich durch Steine, Schlamm und Wasser nicht ersticken, es muſste daher ein Teich neben dem Brunnen gemacht werden, und als dieser plötzlich durchstochen worden war, da vermochte erst die Menge des Wassers nach dem Durchstechen des Teiches das Feuer auszulöschen. Auch zu Rocky-Hill in Ohio, am See Erie, bohrte man auf Salz, und wirklich strömte aus 197 Fuſs Tiefe Salzwasser aus, nach einigen Stunden aber erhob sich aus der Oeffnung eine groſse Menge Gas, welches eine Wolke bildete und nach zufälliger Entzündung Alles umher verbrannte [2]. In jener Gegend sind die Salzquellen in der Regel von ausströmendem brennbarem Gase begleitet und man glaubt, daſs dieses Gas das Salzwasser zu heben diene. Aus manchen Bohrlöchern wird gar keine Salzsoole, sondern bloſs Gas erhalten, wobei auch Spuren von Petroleum vorkom-

1 S. Art. *Quellen*. Bd. VII. S. 1063. Edinburgh New Philos. Journ. N. XV. p. 108. Die Orte jener Salzbrunnen haben folgende Lage:

Kia-Tin-Fu	101° 29′ östl. L.	29° 27′ nördl. B.
Young-Hian	112 7 — —	29 33 — —
Ou-Thoung-Khiao . .	112 11 — —	29 33 — —
Wei-Yuan-Hian . . .	112 12 — —	29 38 — —

Vergl. Joh. Lhotsky in Wiener Zeitschrift. Th. VII. S. 468.

2 Aus Transactions of the Phil. Soc. of Newyork in Edinburg New Philos. Journ. N. VIII. p. 401.

Digitized by Google

men[1]. Als der Graf Porcia zu Gajarine im Districte von Conegliano artesische Brunnen bohren lieſs, strömte aus dem Bohrloche eine Menge Gas, welches angezündet wurde und mehrere Stunden anhaltend mit einer starken Flamme brannte[2]. Auch in der Saline zu Rheina in der Grafschaft Teklenburg ist eine Quelle, der sogenannte *Windbrunnen*, aus welchem stets entzündliches Gas strömt. Seit mehr als zwanzig Jahren wird dasselbe durch zweckmäſsige Vorrichtungen des Salinen-Inspectors Raters zum Erleuchten und zum Heizen gebraucht, indem es mit einer hellen weiſsen Flamme brennt. Sein spec. Gewicht wird = 0,66 angegeben, und es soll mit etwas Kohlensäure und etwas Schwefelwasserstoffgas verunreinigt seyn[3]. Daſs in einer Sorte Steinsalz entzündliches Gas eingeschlossen enthalten sey, welches durch Auflösung desselben im Wasser entweicht, ist eine interessante neuere Entdeckung; übrigens ist der Ursprung des in so ungeheurer Menge aus der Erde aufsteigenden Wasserstoffgases ohne Zweifel in der Zersetzung des Wassers oder noch wahrscheinlicher des Petroleums zu suchen.

Ungleich räthselhafter, als diese Feuer, sind diejenigen, die in verschiedenen Gegenden zu gewissen Zeiten zum Vorschein kommen und bloſs leuchten, ohne zu brennen[4]. Reineggs erzählt von diesen, wie sie in der Gegend von Baku zuweilen beobachtet werden, Folgendes. Nach warmen Herbstregen, bei schwüler Luft, stehn zuweilen die Felder der Umgegend in vollen Flammen. Zuweilen scheint es, als rolle das Feuer in groſsen Massen vom Berge herab, zu andern

1 Aus Silliman's Amer. Journ. T. X. p. 5. in Edinburgh Journ. of Sc. N. IX. p. 189.

2 Aus Osservatore Triestino 1833. Jan. 8. in Baumgartner's Zeitschrift. Th. II. S. 234.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. VIII. p. 402. Poggendorff's Ann. VII. 132.

4 Ich erinnere mich gelesen zu haben, daſs in Ungarn zuweilen, namentlich in Viehställen, Flammen aus der Erde kommen, die dem Vieh groſsen Schrecken verursachen, aber nicht zünden. Auf gleiche Weise erzählte Lambert dem Geoffroy St. Hilaire, daſs einst auf dem Schlosse Marolles bei Coulommiers eine bei Tage sichtbare, hellblendende Flamme aus der Erde kam, einen ganzen Stall erfüllte und groſsen Schrecken, aber keinen Schaden anrichtete. S. Froriep Notizen. Th. XXXI. S. 265.

Digitized by Google

Zeiten verläſst es seine Stelle nicht. Dasselbe zündet nicht, man empfindet darin keine Wärme, trocknes Gras und Schilf werden nicht verbrannt, und doch sieht man das Feuer deutlich, bloſs durch einen bläulichen Schein unterschieden. Bei trocknem Ostwinde kennt man das Phänomen nicht, bei dunkelwarmen Nächten dagegen ist es am stärksten in den Ebenen und die Berge ragen dann dunkel über *dasselbe* empor. Die Thiere der Caravanen erschrecken heftig vor demselben, es dauert aber bloſs bis in die vierte Stunde der Nacht. In hellen Nächten, z. B. im October bei Mondschein, verschwindet das Feuer in der Ebene, erleuchtet aber die Bergspitzen des Kaukasus im Osten, wenn man diese von Schirwan aus, westlich von Baku, erblickt, und am meisten steht der Berg *Sughduku* (Berg des Paradieses) in diesem prachtvollen Feuer, wovon man in der Ebene nichts weiſs. In Ungarn sollen diese Feuer sich zuweilen zeigen, auch redet v. Humboldt[1] von solchen Feuern in Cumana, welche, hauptsächlich des Nachts sichtbar, sich aus der Erde zu erheben scheinen, aber selbst das dürre Gras nicht entzünden. Hierhin gehört ohne Zweifel auch die Erscheinung, welche der K. K. Gärtner Carl Ritter auf dem Rücken eines steilen Kalkgebirges im Norden der Stadt Gonaïres auf Hayti beobachtete und auf folgende Weise beschreibt[2]. Am 16ten Februar 1821 gegen 3 Uhr Nachmittags erblickte er auf dem Kamme dieses etwa 800 Fuſs hohen Gebirges ein Rauchen und Dampfen, welches sich anfangs an etwa 10 abgesonderten Stellen zeigte und gerade in die Luft ging. In der folgenden heiteren und mondlosen Nacht wurde dieses Schauspiel majestätisch, denn es erschienen mehrere Feuer von der Gröſse einer Lichtflamme bis zu 6 Fuſs Höhe, welche bald auf der Erde hinliefen, bald abwechselnd verlöschten und sich wieder entzündeten. Die Farbe der Flamme war gelblich, roth und röthlich und die Erscheinung blieb sich während der ganzen Beobachtungszeit bis 3 Uhr Morgens stets gleich. Die Neger berichteten, daſs diese Feuer manche Jahre, jedoch nur einmal und zwar in der trockensten Jahreszeit, gesehn würden. Nach ihrer Meinung bewirke die damals statt

1 Reisen. Deutsche Ueb. Th. I. S. 484.
2 Wiener Zeitschrift. Th. VII. S. 283.

ſindende Dürre ein Verbrennen der während der Regenperiode gewachsenen Pflanzen. Den Ort dieses Phänomens genauer zu untersuchen wurde dadurch gehindert, daſs Ritter keine geeignete Stelle ſinden konnte, um bei den steilen Abhängen des Berges auf seine Spitze zu gelangen. Die Hypothese, wonach man diese Flammen von entwickeltem phosphorhaltigem Wasserstoffgas ableitet, ist zwar plausibel, aber nicht über alle Einwendungen erhaben.

An diese Erscheinungen schlieſst sich eine andere an, die aber wohl ohne Zweifel zu einer verschiedenen Classe gehört, nämlich die des brennenden Berges oder Hügels im Gebiete der Mursatarskischen Baschkiren, welcher im Jahre 1767 vom Blitze getroffen sich entzündete und noch brannte, als Pallas im J. 1770 ihn beobachtete. Ohne eigentliche vulcanische Ausbrüche raucht und dampft der Berg stets, der Schnee schmilzt auf seiner Spitze sogleich weg, die heiſse aus demselben aufsteigende Luft riecht nicht nach Schwefel, und wenn also die Ursache in verbrennenden Steinkohlen liegt, wie daraus wahrscheinlich wird, daſs das Feuer stets tiefer hinabdringt, so müssen diese keinen Schwefel enthalten, oder es verbrennt dort nur Petroleum oder irgend ein anderer, keinen Schwefel enthaltender Brennstoff[1]. Auf jeden Fall gleicht dieser Ort der Beschreibung nach vollkommen denen, wo sich erweislich unterirdische brennende Kohlenflötze beſinden, deren hier einige genannt werden mögen, weil man diese Phänomene häuſig zur Erklärung der vulcanischen zu benutzen suchte, wozu sie aber nicht geeignet sind, weil schon an sich die erforderlichen groſsen Lager brennbarer Stoffe nicht in solche Tiefen gesetzt werden können, wo sich die vulcanischen Herde beſinden, und auſserdem auch beide Phänomene sehr von einander verschieden sind. Steinkohlen- oder Braunkohlenflötze brennen anhaltend, ruhig und sehr gleichmäſsig, ohne periodischen Wechsel von Ruhe und Thätigkeit, und man sieht nur die Folgen einer höheren Bodentemperatur dieser Stellen, so wie aufsteigenden Rauch mit Dampf, aus welchem sich meistens Stoffe niederschlagen, die, nach örtlichen Bedingungen verschieden, in einigen Fällen der Untersuchung sehr

1 Journ. de Phys. T. XXII. Breislak Instit. Geol. T. III. p. 435.

Digitized by Google

werth sind. Letzteres ist namentlich der Fall bei dem bekannten brennenden Steinkohlenflötze unweit Dutweiler im Saarbrück'schen, welches nach Habel's Berichte[1] ungefähr um 1660 durch die Unvorsichtigkeit eines Hirten in Brand gerieth und bis diesen Augenblick fortwährend gebrannt hat. Aehnliche *Erdbrände*, wie man sie gleichfalls nennt, findet man bei Creusot in Frankreich, wo Breislak einen *Steinkohlengang* seit mehreren Jahren ruhig brennen sah, zu *La Galère* am Ausfluſs der Rhone, wo nach Patrin das Feuer jährlich eine Menge Kohlen verzehrt; zu New-Sauchie in England wurde noch kürzlich aus der Hitze der Oberfläche auf den unterirdischen Brand einer Steinkohlenlage geschlossen[2]; ein Braunkohlenflötz zu Epterode am Habichtswalde in Kurhessen brennt seit fast zwei Jahrhunderten; der Brand im Zwickauer Schwarzkohlengebirge soll schon im J. 1641 entstanden seyn, als der General Borry jene Stadt besetzte und man absichtlich Feuer in die Minen warf[3]. In Böhmen *finden* sich mehrere solche Orte, *namentlich* zu *Milsau*[4], am auffallendsten ist aber die brennende *Steinkohlen*mine zu Riccamari bei St. Etienne in der *Dauphiné*, von welcher als solcher schon in Nachrichten aus dem 14ten Jahrhundert geredet wird[5], und häufig findet man solche Erdbrände in Ruſsland, namentlich bei Reval[6], am Flusse Jurjusen im Ufaischen[7], im Schiefer am Flusse Tom, in Tschumüsch unweit Tomsk und in der Nähe des Flusses Sswäga[8]. Es *würde* nicht schwer fallen, noch mehrere Orte namhaft zu machen, wenn es der Mühe werth wäre, sie aufzusuchen[9].

---

1 Lichtenberg's Magaz. Th. I. S. 127.

2 Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. VI. p. 364.

3 V. Gutbier Beschreibung des Zwickauer Schwarzkohlengebirges. Zwickau 1834. S. 81.

4 Reuss Lehrbuch der Mineralogie. Th. III. S. 486.

5 Bondaroy in Mém. de l'Acad. 1765. p. 389.

6 G. XXVII. 342.

7 Auswahl der Abhandl. der Petersb. ökonom. Gesellschaft. Th. III. S. 330.

8 Allgem. Nord. Annalen. Th. II. S. 460.

9 Vergl. Stifft über die Entzündung der Braunkohlenflötze des Westerwaldes in v. Leonhard Taschenbuch. Th. XVII. S. 475.

Digitized by Google

C. Heiſse Quellen.

Daſs die an vielen Orten der Erde zum Vorschein kommenden *Thermen* ihre höhere Temperatur der inneren Erdwärme verdanken, ist in neueren Zeiten hauptsächlich durch G. Bischof[1] wohl auſser Zweifel gesetzt worden. Merkwürdig ist in dieser Beziehung, was Forbes[2] über die heiſsen Quellen in den Pyrenäen berichtet, indem er nach Camperdon anführt, daſs namentlich die *Source de la Reine* zu Bagnères de Luchon bis 1755 kalt war, nach dem Erdbeben zu Lissabon aber eine Wärme von 51° C. zeigte, und daſs nach Gairdner sich ähnliche Resultate auch an andern Orten ergeben haben[3]. Heiſse Quellen kommen vorzugsweise aus Urgebirgen da, wo diese an andere Felsarten grenzen. Von diesem Gegenstande im Allgemeinen kann hier aber die Rede nicht seyn, sondern die Untersuchungen beziehen sich nur auf diejenigen heiſsen Quellen, die erweislich ein Erzeugniſs noch thätiger Vulcane sind.

Vor allen andern Gegenden ist Island reich an solchen Quellen, die auch von vielen Reisenden beobachtet und beschrieben worden sind, namentlich durch Stanley[4] und Andere. Eine groſse Menge derselben befindet sich nach Henderson[5] an der Grenze der sogenannten Wüste, an der Stelle, die *Hwerawellir* oder Ebene der heiſsen Quellen genannt wird. Der

---

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. Leipzig 1837. a. a. O., wo auch die Literatur gefunden wird. Vergl. Art. *Quellen*. Bd. VII. S. 1075.

2 Philos. Trans. 1836. P. II. p. 595.

3 Die kalten Säuerlinge haben nach der oben angegebenen Theorie gleichfalls innigen Zusammenhang mit erloschenen oder noch brennenden Vulcanen, und so ist es dann natürlich, daſs deren nicht wenige auf Island gefunden werden. Mackenzie Reise durch die Ins. Island. Deutsche Ueb. Weim. 1815. S. 492. nennt als von ihm auf dieser Insel untersuchte kalte mineralische Quellen die zu Stadarhaun, eine kalkhaltige kohlensaure, die Oelkilda oder Albrunnen, eine kohlensaure, die bei Raudimels, die zu Lysiehuls, welche Kohlensäure, kohlens. Kalk, Soda und Kochsalz enthält, die zu Buderstad, ungefähr die nämlichen Bestandtheile und noch etwas Thonerde enthaltend, u. s. w.

4 Bibl. Britann. T. IV. p. 243. 330.

5 Island. T. II. p. 213.

District war ursprünglich ein Morast, die Oberfläche hat sich aber durch stete Anhäufung des Sinters aus den Quellen erhärtet. An einer Stelle sind neben einander acht Quellen mit stets siedendem Wasser, welches jedoch nicht in die Höhe springt; an einer andern sind solche, die zuweilen fontainenartig springen, bei allen aber findet man die mannigfaltigsten Inkrustirungen. Am merkwürdigsten ist der *Auschrolin* oder brüllende Berg, welcher um so mehr Erwähnung verdient, als nur wenige Reisende diesen District besucht haben. Auf einer etwa 4 Fuſs betragenden Erhöhung von erhärtetem Bolus strömt aus einer Oeffnung stets Dampf mit einem Getöse, welches dem eines groſsen Wasserfalls gleich kommt. Hineingeworfene Steine werden hoch emporgeschleudert, und das Toben vermehrt sich, wenn man eine Stange hineinbringt. Von einer benachbarten Höhe gewahrt man eine merkwürdige Regelmäſsigkeit der Explosionen. Der brüllende Berg giebt gleichsam das Signal, dann folgen schnell die gröſseren Quellen und sogleich die kleineren, indem aus allen dicke Dampfwolken aufsteigen und die Fontainen abwechselnd springen. Hat dieses etwa 5 Minuten gedauert, so tritt ein plötzlicher Stillstand von etwa 2 Minuten ein, und dann beginnt das Schauspiel aufs Neue. Mackenzie[1] sah im Thale Reikholt einen Hügel mit etwa 16 heiſsen Quellen, alle kochend und das Wasser emportreibend. Zwei derselben wechselten regelmäſsig, indem die eine anfing, wenn die andere aufgehört hatte, jene sprang etwa 4½ Minuten lang, diese 3 Minuten, beide bis zur Höhe von 12 bis 15 Fuſs, ohne daſs sich ein Grund dieser Regelmäſsigkeit auffinden lieſs. Henderson erwähnt diese Quellen gleichfalls mit dem Zusatze, daſs man sie zu einem Bade, dem bekannten *Snorro-Lang* (Snorro-Bad), benutzt habe.

Die bedeutendste Fontaine siedend heiſsen Wassers, die es überhaupt und auch auf Island giebt, ist der *Geiser* oder sind die Geiser, denn es giebt mehrere an derselben Stelle, und auſserdem werden auch andere Springbrunnen mit diesem Namen belegt. Von ihnen redet schon Saxo Grammaticus in seiner Vorrede zur Geschichte Dänemarks, und

1 Reise durch die Insel Island. Deutsche Ueb. Weim. 1815. S. 251.

Mackenzie[1] sucht das Schauspiel, welches sie darbieten, zu versinnlichen, obgleich er versichert, dasselbe sey so groſsartig, daſs es sich weder beschreiben noch zeichnen lasse. Insbesondere erwähnt er die interessanten, so schnell erfolgenden Uebersinterungen, indem selbst zum Theil noch grünende Pflanzen theilweise in Stein verwandelt worden sind. Die Temperatur der isländischen, heiſsen Quellen ist in der Regel nicht unter 87° C., der Geiser und Strockr aber haben Siedehitze, und übersteigen diese noch, wenn der Wasserdruck es zuläſst. Die bedeutendsten heiſsen Quellen befinden sich bei Skalholt unweit Haukadal, zwei Tagereisen vom Hecla, wo die umgebenden Eisberge bis in die Wolken reichen. Unter etwa 50 Quellen daselbst ist der eigentliche *Geiser* die stärkste. Sie springt aus einer mit vielen Stalaktiten erfüllten kreisrunden Röhre in einem Bassin, dessen Massen verschieden angegeben werden. Nach Henderson[2] ist die Röhre 79 engl. Fuſs tief, hat 8 bis 10 F. im Durchmesser und ist nach oben erweitert, die Durchmesser des Bassins aber betragen 46 und 56 Fuſs. John Barrow[3], welcher die Gegend im J. 1834 besuchte, giebt die Dimensionen anders an. Hiernach sind die Durchmesser des Bassins 65 und 52 engl. Fuſs bei einer gröſsten Tiefe von 4 F., die der Oeffnung aber 18,25 und 16 Fuſs, doch verengert sich die Röhre nahe unter der Mündung bis zu 10 oder 12 Fuſs und hat eine Tiefe an einer Seite von 67, an einer andern von 70 Fuſs. Die Inkrustirung ist wie polirt und so hart, daſs Barrow vergebens versuchte, mit dem Hammer ein Stück abzuschlagen. Der Abfluſs der Quelle ergieſst sich in den Huit-au oder weiſsen Fluſs, dessen Ufer, so wie die Umgebung des Bassins und der Abfluſsrinne, mit den feinsten Krystallen von Kieselsinter überzogen sind. Das Wasser im Bassin des Geisers und in sonstigen Ansammlungen hatte eine Temperatur zwischen 82° und 94° C. und schien nach etwas Schwefel zu riechen, allein Faraday fand bei einer mitgebrachten Probe keine Anzeigen von vorhandenem Schwefel. Die vielen kleineren Fontainen, im Allgemeinen gleichfalls Geiser genannt, unter denen der groſse

1 Ebendaselbst. S. 272.
2 Island. T. I. p. 92.
3 A Visit to Iceland cet. Lond. 1835. p. 178.

Geiser sich nur als der vorzüglichste hervorthut, zeigen ein verschiedenes Verhalten, indem aus einigen bloſs siedendheiſser Dampf aufsteigt, bei andern das Wasser in einer Tiefe von mehreren Fuſs hörbar siedet, wieder bei andern bis an die Oberfläche reicht, ohne überzuflieſsen, und bei wenigen abwechselnd fällt, steigt und selbst fontainenartig bis zu etlichen Fuſs in die Höhe springt. Während der Zeit, als Barrow lange auf den Ausbruch des Geisers wartete, warfen seine Begleiter in eine wenig entfernte Oeffnung, die nicht merklich über den Boden hervorragte und in deren Tiefe ein Geräusch, wie von siedendem Wasser, gehört wurde, eine Menge Rasen, Steine und Torf, worauf plötzlich eine Fontaine mit schrecklichem Getöse bis zu einer Höhe von 60 bis 70 engl. Fuſs in die Höhe sprang, alle diese Gegenstände herausschleuderte, so ungefähr 10 Minuten tobte, dann aufhörte, das Wasser wieder einsog und zum früheren Zustande des Siedens in beträchtlicher Tiefe zurückkehrte. Ebenso brachten auch Marmier und seine Begleiter nach mehrtägigem vergeblichen Warten den Strockr durch hineingeworfene Steine zum Springen, wobei der Wasserstrahl eine Höhe von 80 Fuſs erreichte[1]. Aus der Vergleichung der sich mehrenden Beschreibungen der Geiser geht mit groſser Wahrscheinlichkeit hervor, daſs verschiedene Canäle sich mit der Zeit verstopfen oder unthätig werden, andere dagegen neu entstehen, weshalb spätere Reisende die von früheren gesehenen Fontainen an den bezeichneten Orten nicht wieder finden.

Die Explosionen des groſsen Geisers erfolgen nicht nach kurzen Intervallen, noch viel weniger findet bei ihnen ein regelmäſsig periodischer Wechsel statt, vielmehr muſste Barrow fast drei Tage warten, ehe ein Ausbruch erfolgte, statt daſs andere Reisende das Glück hatten, deren mehrere, in kurzer Zeit auf einander folgende zu sehn. Zuweilen zieht sich das Wasser tief in die Röhre zurück, so daſs der Schall vom Auffallen eines hineingeworfenen Steines erst nach etlichen Secunden gehört wird, und das Bassin ist dann trocken, so daſs man sich der Röhrenmündung ganz nähern kann. Ein unterirdisches Getöse wird unterdeſs ohne Unterbrechung gehört, und wenn dieses zunimmt, steigt das Wasser in der

1 Froriep Notizen. Th. L. S. 229.

Röhre, läuft über, füllt das Bassin bis zum Ueberlaufen desselben, wobei zuweilen ein oder etliche Male ein fontainenartiges Aufspringen bis zu zwei oder vier Fuſs Höhe und wohl noch höher statt findet, worauf das Wasser sich wieder in den Schlund zurückzieht und der anfängliche Zustand wiederkehrt. Den heftigen Explosionen gehn diese Begebenheiten gleichfalls voraus, nur sind sie heftiger, namentlich ist das unterirdische Getöse stärker, und das Aufspringen des in Dampf gehüllten mächtigen Wasserstrahls erfolgt überraschend schnell. Krug von Nidda[1] muſste sich beim Anfange dieses starken Getöses schnell entfernen und sah dann eine mächtige Dampfsäule mit einer eingeschlossenen Wassersäule pfeilschnell bis 80 oder 90 Fuſs emporgeschleudert, während einzelne Massen bei weitem höher stiegen und in Bogen seitwärts geworfen wurden. Bald sank die Säule auf die Hälfte ihrer Höhe, die Dampfwolke entfernte sich, der massive Wasserstrahl zerspaltete sich oben in zahllose Zweige und fiel als feiner Regen herab.

Die Dicke des emporgeschleuderten Wasserstrahls wird ziemlich einstimmig zu 10 Fuſs Durchmesser angegeben, die Höhe dagegen ausnehmend verschieden. Nach Uno von Troil gaben die Einwohner die gröſste Höhe zu 360 Fuſs an, er selbst aber maſs 1772 nur 92 Fuſs; Olafsen und Povelsen bestimmen gleichfalls die gröſste Höhe zu 360 Fuſs; Sir John Stanley fand 1789 mittelst eines Quadranten 96 Fuſs; Dr. Hooker[2] nennt in runder Zahl 100 Fuſs; Ohlsen[3] will 1804 unter mehreren minder hohen einmal 212 Fuſs gesehn haben; Mackenzie schätzte 1809 die Höhe nur zu 90 Fuſs, Henderson 1818 nur zu 70 und einmal höchstens zu 100 Fuſs, Krug v. Nidda 1833 auf 80 oder 90 Fuſs; Barrow bestimmte sie 1834, wie er meint, sehr genau, zu 80 Fuſs und nimmt daher aus den glaubwürdigsten Messungen 86 Fuſs als mittlere Höhe an. Die Ursache dieser so bedeutenden Abweichungen liegt zuerst darin, daſs die meisten Bestimmungen auf einer Schätzung beruhn, die um

1 Aus Kastner's Archiv. Th. IX. S. 247. in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIII. p. 90. N. XLIV. p. 220.

2 Handschriftl. Mittheil. an Barrow in dessen Visit cet. p. 200. Auch in Bibl. Brit. T. LVII. G. XLIX. 193.

3 G. XLIII. 50.

Digitized by Google

so unsicherer ist, je weniger irgend ein bleibender bekannter Gegenstand in der Nähe einen festen Anhaltpunct der Höhenbestimmung für dieses vorübergehende Phänomen gewährt, auſserdem aber ist der Wasserstrahl in eine unermeſsliche Dampfhülle eingeschlossen, welche sehr hoch aufsteigt und die vom Strahle selbst erreichte Höhe scheinbar gröſser macht. Endlich ist sicher die Höhe nicht jederzeit *gleich*, und manche Beobachter waren vermuthlich in dieser Beziehung mehr begünstigt, wobei es auſserdem sehr darauf ankommt, welchen erreichten Punct man als die äuſserste Grenze annimmt, denjenigen, welchen der volle massive Wasserstrahl erreicht, oder diejenigen, bis wohin einzelne Theile emporgeschleudert werden. Ein solches Auffliegen einzelner Wasserpartikeln geht namentlich aus der Zeichnung hervor, welche Ohlsen entworfen hat, und es wäre daher möglich, daſs unter mehreren von ihm beobachteten Explosionen bei einer ungewöhnlich starken diese nebst dem umhüllenden Dampfe die von ihm angegebene Höhe von 212 Fuſs erreicht hätten. Dieses übersteigt indeſs die kühnste Phantasie so sehr, daſs es immerhin als ein unübersteigliches Maximum gelten kann, und man darf daher im Mittel bei einer Höhe von 70 bis 100 Fuſs als den stärksten Ausbrüchen zugehörig stehen bleiben. Mackenzie giebt an, daſs nach dem Wasserstrahle wohl 30 Minuten lang eine Dampfsäule emporsteigt, die der Wind nicht zu beugen vermag und durch welche *selbst* Steine emporgerissen werden. Inwiefern es gegründet ist, daſs die Geiser bei den Erderschütterungen von 1783 an Stärke abgenommen haben, dürfte schwer zu bestimmen seyn.

Die Lage der vielen einzelnen Fontainen siedenden Wassers neben dem eigentlichen groſsen Geiser, die von den verschiedenen Reisenden angegeben werden, wird erst klar durch die Ansicht des Grundrisses, welchen Barrow von der ganzen Gegend mitgetheilt hat. Ueber den am längsten bekannten sogenannten groſsen Geiser mit dem Bächelchen, worin das über den Rand des Bassins steigende Wasser in den weiſsen Fluſs abflieſst, findet kein Zweifel statt. Nordnordwestlich von ihm liegt der *brüllende Geiser* (*Roaring Geyser* nach Barrow), in dessen Röhre man unter dem aufsteigenden Dampfe ein stetes Toben hört. Früher war dieser eine mächtige Fontaine, durch das Erdbeben von 1789 erhielt er aber

seine jetzige Beschaffenheit, und es entstand statt dessen der Strockr. Westlich vom groſsen Geiser liegt ein gegenwärtig ruhender, welchen Barrow für Stanley's neuen Geiser hält, und etwas entfernt von diesem, genau westlich vom groſsen, liegt der jetzt sogenannte neue Geiser oder der *Strockr*, und zwar der groſse Strockr, zum Unterschiede des südwestlich von ihm liegenden *kleinen Strockr*, von dessen gewaltsam herbeigeführtem Ausbruche oben die Rede war. Der groſse Strockr ist vorzüglich von Ohlsen und Henderson beschrieben worden. Er soll erst durch die Katastrophe von 1783 entstanden oder zu seiner eigentlichen Stärke gelangt seyn, indem er nach der Angabe der Einwohner wenigstens um ein Drittel höher springt, als der groſse Geiser. Bei der Explosion, welche Krug v. Nidda beobachtete, erreichte das Wasser 100 Fuſs Höhe, einige vorher hineingeworfene und lothrecht herausgeschleuderte Steine gelangten aber zu einer noch weit gröſsern, mit den Augen kaum wahrzunehmenden Höhe. Er hat kein Bassin; den Durchmesser seiner Röhre fand Ohlsen oben 8, unten 3 Fuſs, seine Tiefe aber 44 Fuſs; Henderson dagegen giebt die Weite zu 8 bis 10 Fuſs und die Tiefe zu 24 Fuſs an, zieht auch die Verengerung der Röhre nach unten in Zweifel, da die Dicke des ausfahrenden Wasserstrahls 10 Fuſs betrug. Bei ihm finden die nämlichen Detonationen statt, hauptsächlich aber treibt er mit gröſster Gewalt eine Dampfsäule empor, in welcher einzelne Wasserstrahlen bis zu unglaublichen Höhen geschleudert werden. Ohlsen giebt diese zu 150 Fuſs an, doch überstiegen die feinsten Strahlen diese Höhe bei weitem, Henderson aber maſs zuerst 80 Fuſs, später 200 Fuſs, und die feinsten Partikeln konnte das Auge nicht verfolgen. Die Explosionen dauern bei ihm 45 Minuten bis gegen 2 Stunden und kehren in sehr ungleichen, oft langen Perioden wieder, was Krug v. Nidda bestätigt, mit dem Zusatze, daſs nach dem Wasserstrahle noch geraume Zeit Dampf mit heftigem Getöse ausgefahren sey. Daſs Barrow keinen Ausbruch desselben beobachtete, läſst eine Abnahme seiner Thätigkeit vermuthen, oder seine Explosionen müſsten überhaupt nur selten statt finden. Wirft man bei allen diesen Geisern (von *gys,* mit Gewalt ausströmen, sieden) Steine oder sonstige feste Körper in die Röhre, so werden diese höher als das Wasser selbst emporgeworfen und fallen meistens in

Digitized by Google

die Röhre zurück, beim groſsen Geiser nie über das Bassin hinaus. Uebrigens haben der groſse Geiser und der Strockr keine Gemeinschaft und ihre Explosionen erfolgen unabhängig von einander.

Auſserdem giebt es noch viele heiſse Quellen auf Island und Fontainen, die selbst bis 15 oder 20 Fuſs hoch springen, ja im J. 1783 entstanden allein 35 neue, die aber bald in ihrer Heftigkeit nachlieſsen; auch läſst sich leicht ermessen, daſs manche Röhren durch Absetzen des Kieselsinters sich verstopfen und die Dämpfe sich dann einen andern Ausweg suchen. Eine bedeutende Gruppe heiſser Fontainen liegt am nördlichen Ende der Insel bei Reikiawerf, unter denen *Nordur-hwer*, *Oxa-hwer* (die Ochsenquelle) und *Sydster-hwer* die bedeutendsten sind. Nach Mackenzie[1] ist Oxa-hwer unweit Husavik so mächtig, daſs sie dem groſsen Geiser an Stärke und Pracht beinahe gleich kommt, nach Henderson aber ist die Nordur-hwer die vorzüglichste; sie öffnet sich in einem Becken von 34 bis 35 Fuſs Durchmesser und hat eine etwa 10 Fuſs weite, unregelmäſsig gestaltete, mit Stalaktiten ausgekleidete Röhre, in welcher das Wasser stets siedet und abwechselnd zu gröſseren Höhen aufspringt. Merkwürdig ist der Zusatz, daſs bloſs bei stürmischem Wetter stärkere Explosionen erfolgen sollen. Die Oxa-hwer verhält sich auf gleiche Weise und wirft in ziemlich regelmäſsigem Wechsel kurz dauernde Strahlen bis zur Höhe von 15 Fuſs aus. Bei Reikum ist noch eine Gruppe heiſser Fontainen, deren gröſste gleichfalls *Geiser* genannt wird. Sie hat zwei Oeffnungen, die eine südliche, welche in steter Thätigkeit ist und das Wasser von 3 bis 12 Fuſs in die Höhe wirft, die andere nördlichere ist 10 Fuſs hiervon entfernt, mit einem Rande von Sinter umgeben, und ein groſses, vom Berge herabgerolltes Felsenstück liegt über der Oeffnung, so daſs der Strahl nicht frei aufsteigen kann, sondern schräg herausspringt. Es erfolgen indeſs etwa 15 Ausbrüche in 24 Stunden, dauern 3 bis 4 Minuten und geben während dieser Zeit in jeder Minute 7896 engl. Kubikfuſs Wasser. Nach Stanley[2] ist die Menge des aus den heiſsen Quellen abflieſsenden Wassers so groſs

1 Reise durch die Insel Island. S. 289.

2 S. Mackenzie Reise durch die Insel Island. S. 331.

Digitized by Google

daſs daraus ein Fluſs gebildet wird. Das Thermometer zeigte im Wasser selbst Siedehitze, im Dampfe etwa 0°,5 C. mehr. In der Nähe befindet sich noch eine heiſse Quelle, die sogenannte *Badstofa*, welche das Wasser theils in geraden, 12 Fuſs hohen, theils in weit stärkeren schrägen, nach dem eben genannten Flusse hin gerichteten und 20 Fuſs Höhe erreichenden Strahlen emporschleudert.

Das Wasser des Geisers, welches Barrow an Faraday zur Analyse sandte, war hierzu in nicht genügender Menge vorhanden, inzwischen konnte, wie bereits erwähnt worden ist, kein Schwefel darin aufgefunden werden, wohl aber zeigten sich Kieselerde und Alkalien darin. Mackenzie[1] dagegen theilt eine von Black angestellte Analyse des Wassers des eigentlichen Geisers und des bei Reikum mit; hiernach sind in 10000 Theilen desselben enthalten:

	Geiser	Reikum
Soda	0,95	0,51
Alaunerde	0,48	0,50
Kieselerde	5,40	3,73
Kochsalz	2,46	2,90
trocknes schwefelsaures Natron	1,46	1,28
Summe	10,75	8,47.

Klaproth[2] fand in einer gleichen Menge des Wassers von Reikum:

kohlensaure Soda	1,04
schwefelsaure Soda	1,73
salzsaure Soda	2,93
Kieselerde	3,10
Summe	8,80

Ein Hauptunterschied beider Analysen besteht darin, daſs Black kaustisches Natron fand, Klaproth aber kohlensaures,

1 A. a. O. S. 490. Faraday bestimmt das spec. Gewicht des Wassers = 1,0008.

2 Beiträge zur chemischen Kenntniſs der Mineralkörper. Th. II. S. 99.

beides zur Auflösung der Kieselerde geeignet; doch wird das erstere Resultat durch FARADAY's Untersuchung bestätigt. Die bedeutende Menge der aufgelösten Kieselerde, welche den schönen Kieselsinter liefert, indem unter andern BARROW ein Stück Papier so damit überzogen fand, daſs man die Schriftzüge noch lesen konnte, ist ohne Zweifel zum Theil eine Folge der groſsen Hitze, welche das Wasser in gröſseren Tiefen annimmt; denn es erklärt sich leicht, daſs das Wasser an der Oberfläche nur Siedehitze hat und der Dampf höchstens 0°,5 C. hierüber hinausgeht, wie dieses allgemein gefunden worden ist; dagegen aber fand LOTTIN[1] beim groſsen Geiser in einer Tiefe von 20 Meter 124° C. und beim Strockr in 13 Meter Tiefe 111° C.

Daſs die Thätigkeit der siedend heiſsen Quellen, und namentlich der Fontainen, von vulcanischen Kräften herrühre, unterliegt keinem Zweifel. Hierdurch erhalten sie ihre Hitze und die Hauptschwierigkeit der Erklärung fällt also mit der Lösung der oben erörterten Frage über *die Ursache* des Brennens der Vulcane im Allgemeinen *zusammen*. Den Ursprung des Wassers nachzuweisen hat wohl überall keine Schwierigkeit, da es offenbar Quellwasser ist, welches so tief hinabsinkt, daſs es durch die glühenden Wandungen der vulcanischen Herde die erforderliche Hitze annimmt. Handelt es sich dann ferner um den periodischen Wechsel des Steigens und Fallens der Quellen, so sind hierüber nur Hypothesen möglich, deren man aber verschiedene aufstellen kann, insbesondere wenn man die Erscheinung bei dem sogenannten Leidenfrost'schen Versuche berücksichtigt und annimmt, das Wasser könne zuweilen, insbesondere wenn es in geringerer Menge vorhanden ist, durch die glühend heiſsen Wandungen zurückgestoſsen werden, bis die wachsende Menge die beginnende Verdampfung und die hieraus dann folgenden Explosionen begünstigt. Eine andere, durch ihre Einfachheit sich sehr empfehlende Erklärung hat MACKENZIE[2] gegeben.
Fig. 295. Er denkt sich einen unterirdischen Raum ABC, worin sich das Wasser nach und nach sammelt, indem das hydrometeorische, wie bei der Entstehung der Quellen, durch die Felsen-

1 L'Institut 1836. N. 179.
2 Reise durch die Insel Island. S. 289.

spalten hineindringt[1]. Wird die Hitze zu stark, so schleudert der entstandene Dampf das Wasser durch die Röhre QP in die Höhe, es folgt hierauf eine unermeſsliche Menge Dampf, und indem hierdurch theils die Wandungen abgekühlt werden, theils die Temperatur des Wassers selbst unter die Siedehitze herabgeht, so muſs diesemnach eine bedeutende Verminderung des Drucks im Innern herbeigeführt und das Wasser bis zur neuen Explosion wieder eingesogen werden. Ob hierbei eine bedeutende Abkühlung der Wandungen eintrete, dürfte als zweifelhaft erscheinen, dagegen wird leicht erklärlich, wie bei vorhandener geringerer Menge von Wasser und angemessener Gestaltung des Canales der Dampf durch das siedende Wasser emporsteigen kann. Nach Krug v. Nidda kommen die kleineren Fontainen aus Höhlen von geringerer Weite, die sich schneller füllen, ihre Explosionen erfolgen daher regelmäſsiger in Zwischenräumen von etwa zwei Stunden und erreichen nur 15 bis 20 Fuſs Höhe, die der gröſseren aber erfolgen in Perioden, welche 24 bis 30 Stunden von einander abstehn, und erreichen dann 90 Fuſs Höhe[2].

Giebt es gleich der heiſsen Quellen noch auſserdem eine bedeutende Menge, so sind doch keine gleich groſsartige und eigentliche starke Fontainen bildenden bekannt, als die eben beschriebenen, weswegen es nicht die Mühe lohnt, sie einzeln aufzuzählen. Eine schöne und starke Fontaine siedend heiſsen Wassers soll sich auf der Insel Amsterdam befinden[3]. Selbst im Innern des Himalaya-Gebirges hat man eine heiſse Quelle

---

1 Bylandt Palstercamp leitet den Ursprung dieses Wassers vom Meere ab, wogegen aber sein geringer Salzgehalt entscheidet.

2 Die angeführten Werke sind: Mackenzie Travels in Iceland. Lond. 1811. Deutsche Uebers. Weimar 1815. Uno v. Troil Briefe über eine in dem Jahre 1772 nach Island angestellte Reise. Aus dem Schwedischen übers. Leipz. 1779. Olafsen und Povelsen Reisen nach Island. Uebers. von Geuss 1774. Stanley in Edinburgh Philos. Trans. 1790. Ebenezer Henderson Island. Deutsche Uebers. Berlin 1820. Th. I. S. 92. 187. Th. II. S. 97. 153. 215. Ohlsen in G. XLIII. 50. A Visit to Iceland cet. by John Barrow. Lond. 1835. p. 173. Krug v. Nidda in Kastner's Archiv. Th. IX. u. in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIII. u. XLIV. Letzterer nennt die meisten heiſsen Quellen auf dieser Insel und berücksichtigt die geognostische Beschaffenheit der Orte.

3 Ordinaire Hist. des Volcans. p. 21.

Digitized by Google

nebst andern Spuren vorhandener noch thätiger Vulcane entdeckt, aber ein Zugang zur genaueren Untersuchung der Sache war bis jetzt unmöglich[1]. Eine Menge heiſse Quellen sind auf Ischia[2] und im Bereiche der vulcanischen Gruppe beider Sicilien, überhaupt aber findet man in der Nähe noch thätiger oder seit nicht langer Zeit ruhender Vulcane zahlreiche heiſse Quellen.

M.

---

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XIII. p. 55.

2 Eine ausführliche Beschreibung derselben giebt Bylandt Palstercamp in seiner Théorie des Volcans. T. III. p. 34 ff.

Ende des neunten Bandes.

Digitized by Google

Druck von C. P. Melzer in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

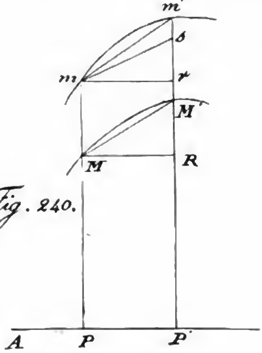


Fig. 240.

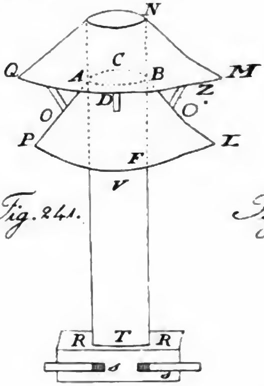


Fig. 241.

Fig. 2

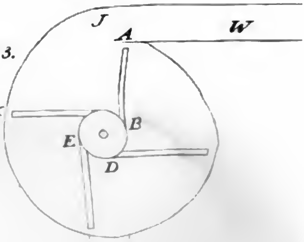


Fig. 243.

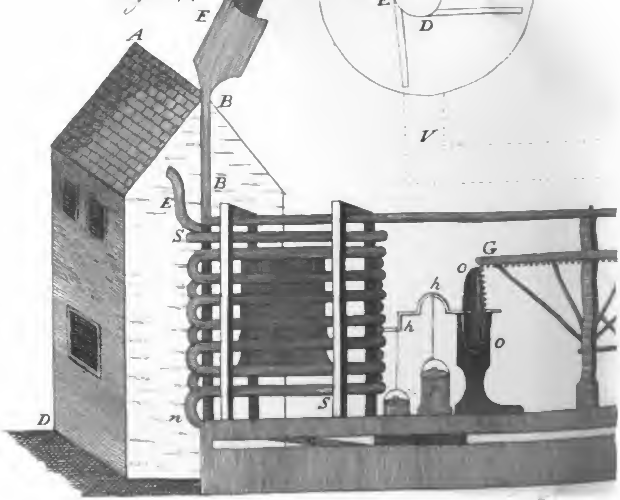
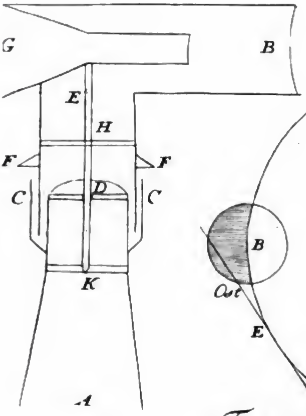


Fig. 244.

Tab. XXXV.



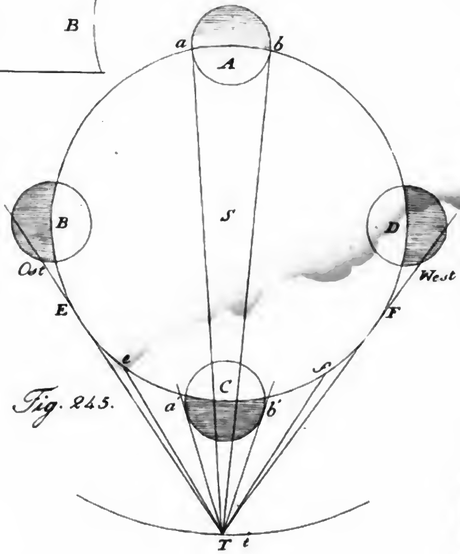
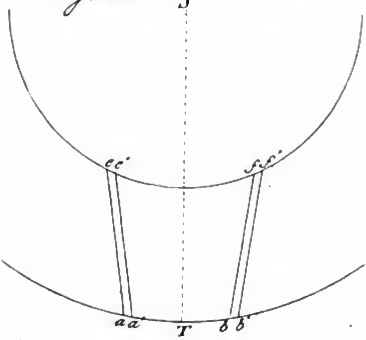


Fig. 245.

Fig. 246.



Ant. Karcher sc.

Digitized by Google

Bd. IX.

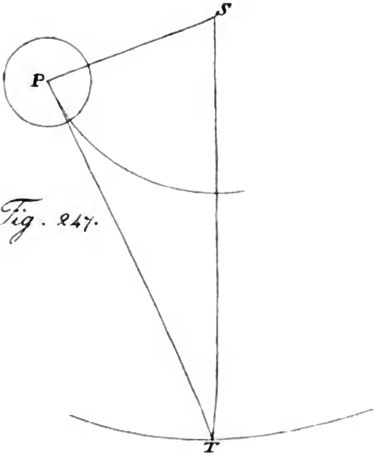


Fig. 247.

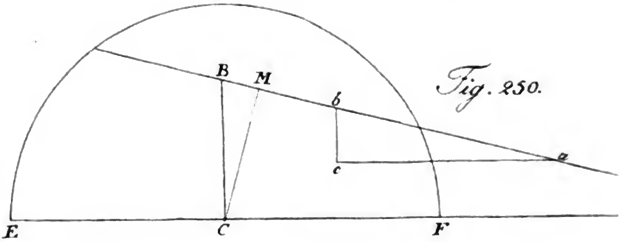


Fig. 250.

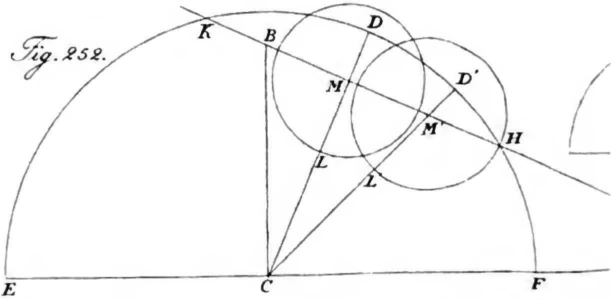
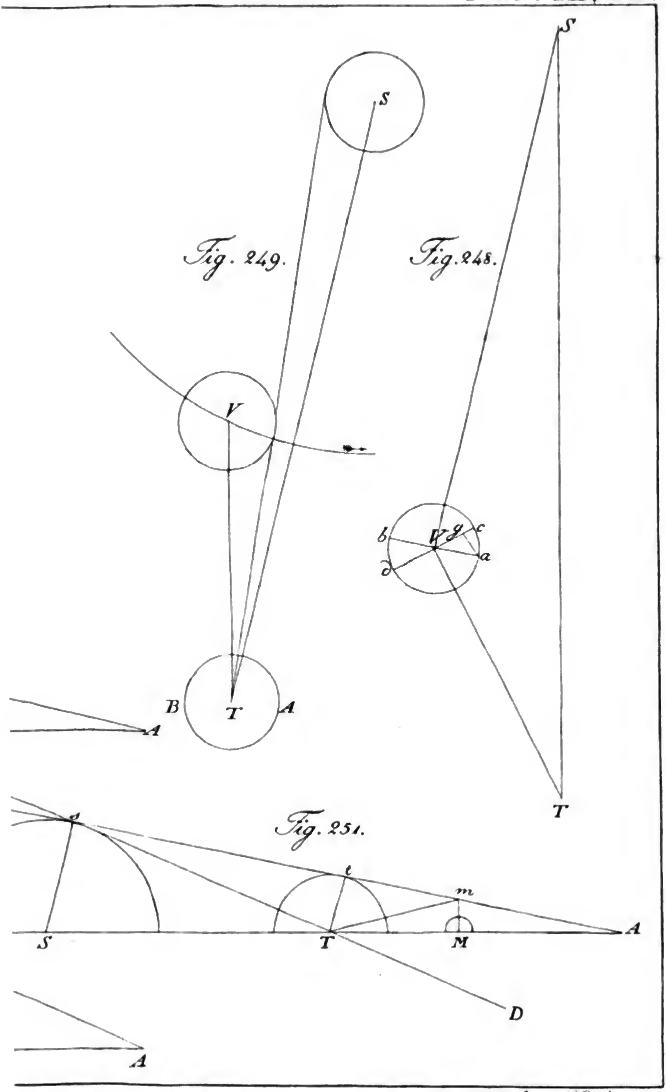


Fig. 252.

Digitized by Google

Tab. XXXVI.



Ant. Karcher sc.

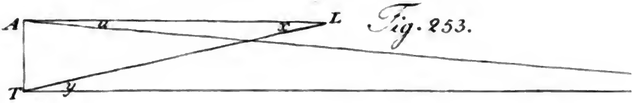


Fig. 253.

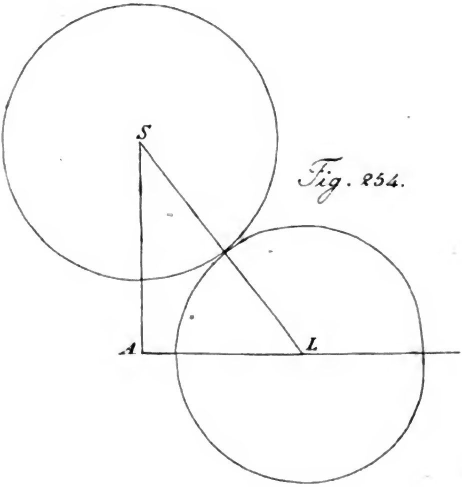
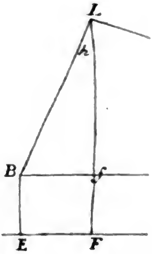


Fig. 254.



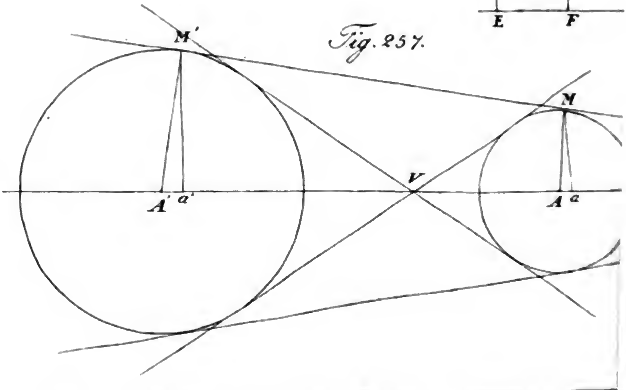


Fig. 257.

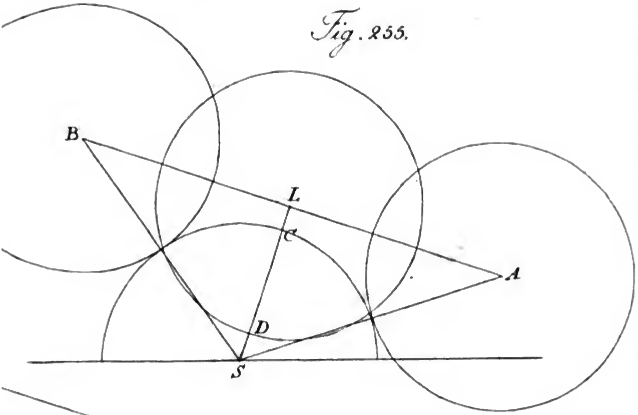
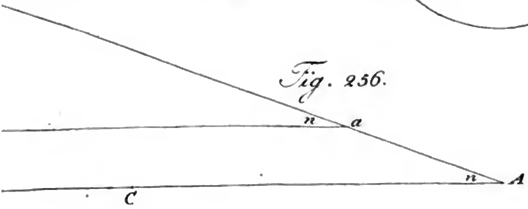
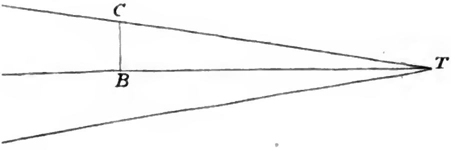


Fig. 255.

Fig. 256.





Ant. Karcher sc.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Bd. IX.

Fig. 258.

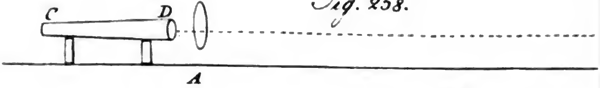


Fig. 260.

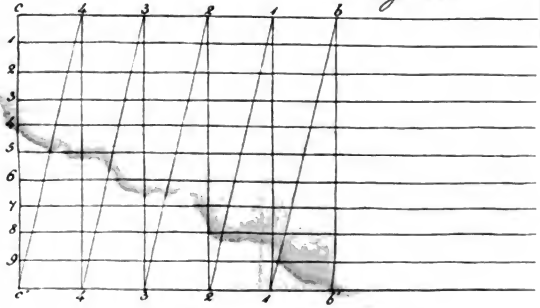


Fig. 262.

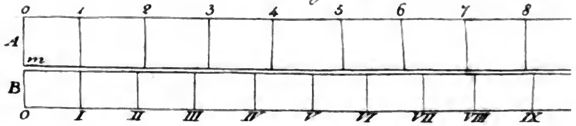


Fig. 263.

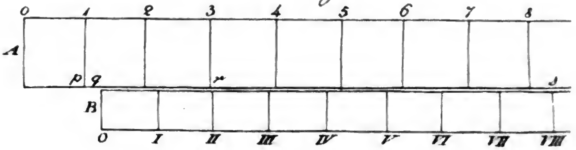
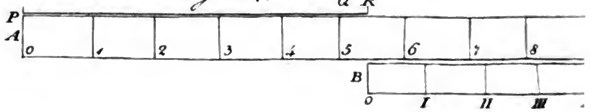
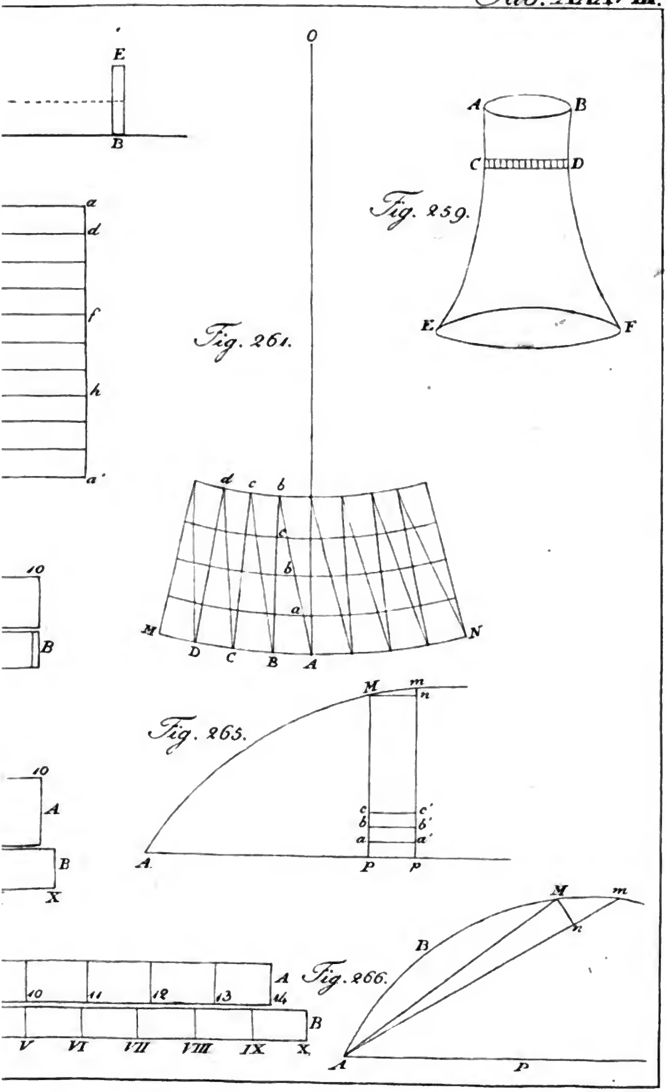


Fig. 264.



Tab. XXXVIII.

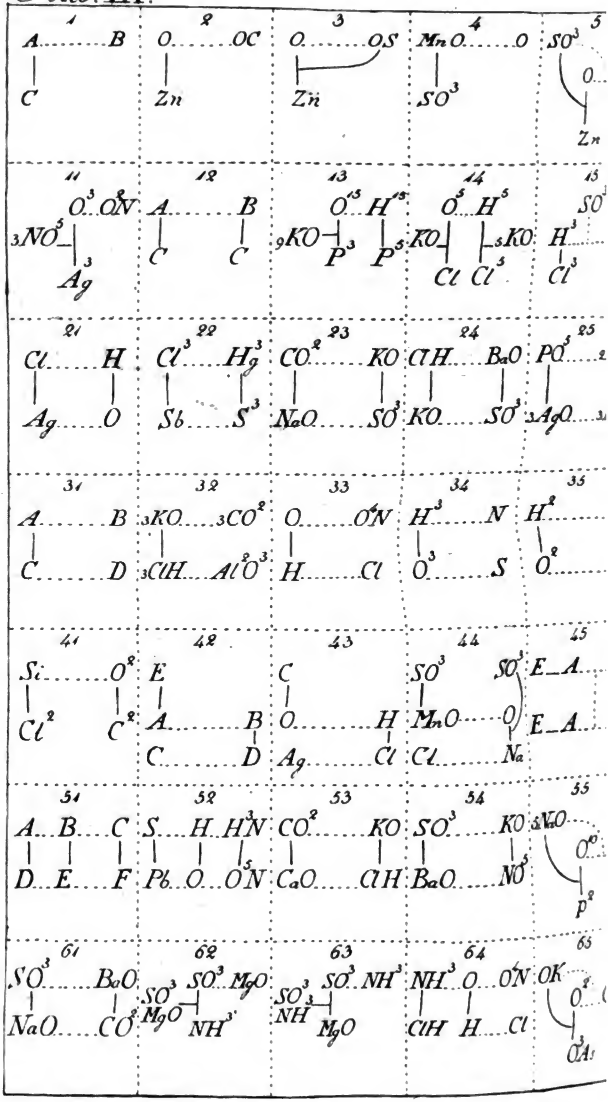


Ant. Karcher sc.

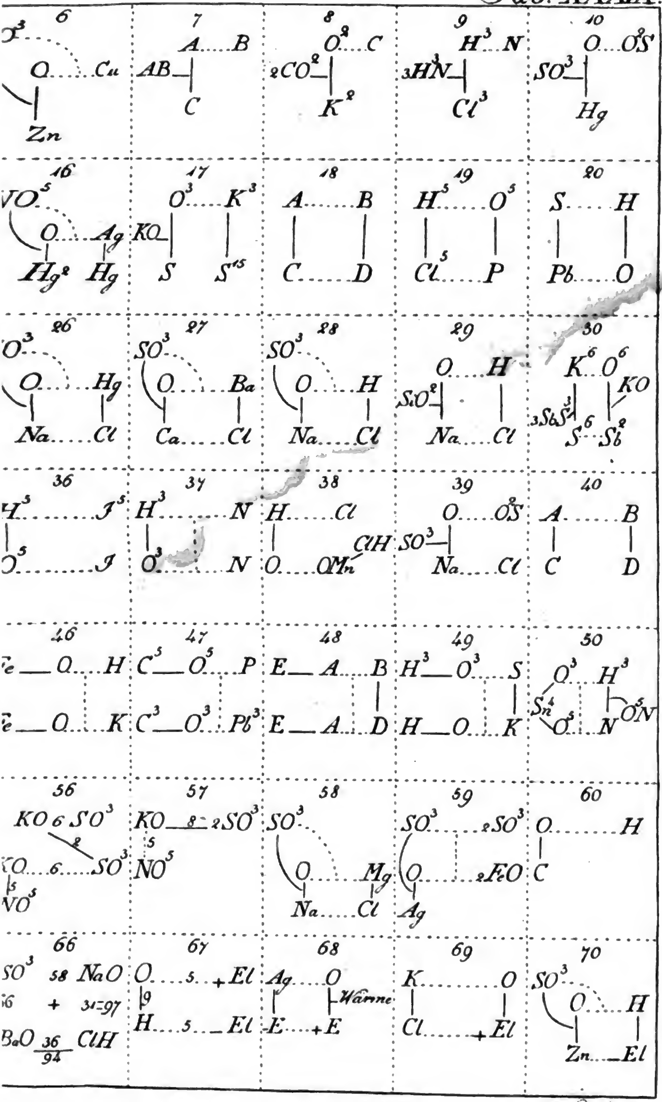
Digitized by Google

Digitized by Google

Bd. IX.



Tab. XXXIX.



Ant. Karcher sc.

Digitized by Google

Digitized by Google

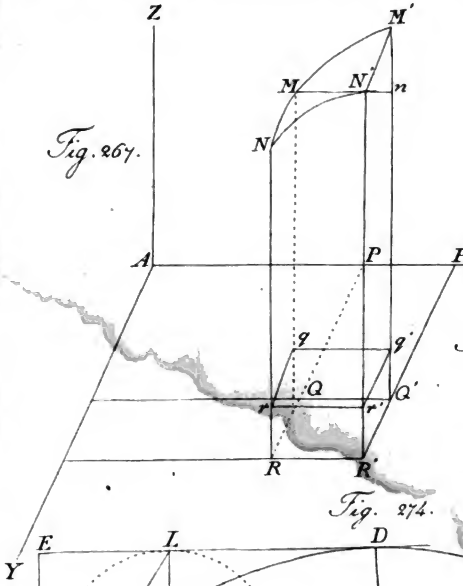


Fig. 267.

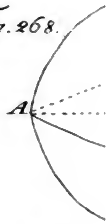


Fig. 268.

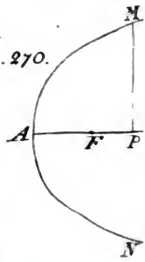


Fig. 270.

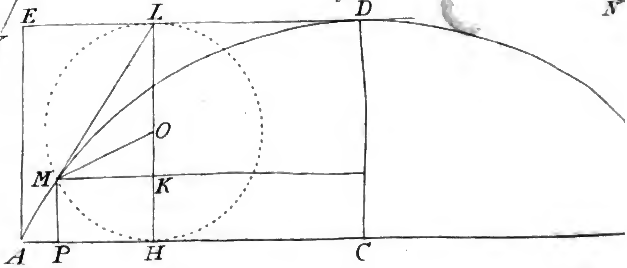


Fig. 274.

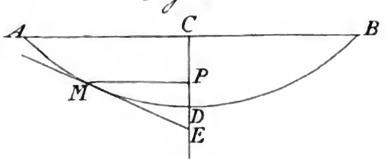


Fig. 275.

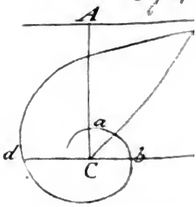


Fig. 27

Tab. XI.

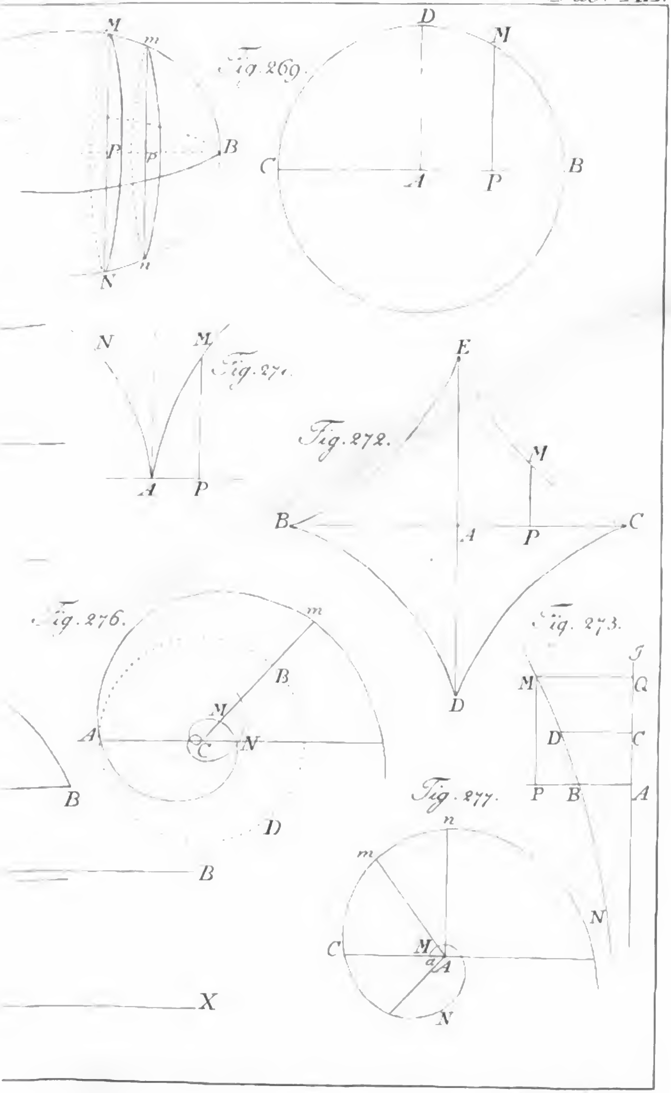


Fig. 269. Fig. 271. Fig. 272. Fig. 273. Fig. 276. Fig. 277.

Ant. Kärcher sc.

Digitized by Google

Bd. IX.

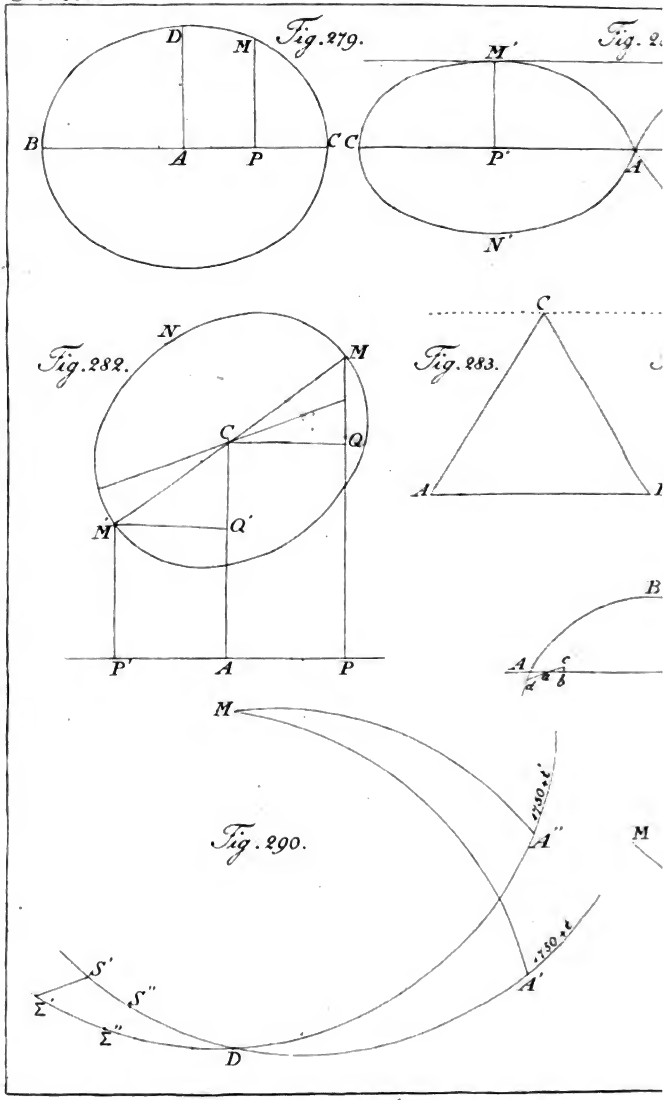


Fig. 279.
D
M
B
A
P
C
Fig. 2
M'
C
P'
A
N'
Fig. 282.
N
M
C
Q
M'
Q'
P'
A
P
Fig. 283.
C
A
B
A
c
a
b
d
M
Fig. 290.
1750 + t'
A''
M
S'
S''
Σ'
Σ''
D
1750 + t
A'

Tab. XLI.

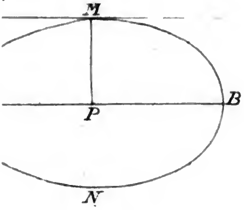
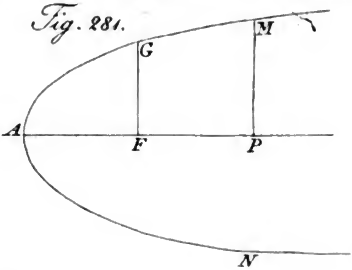


Fig. 281.



…g. 284.

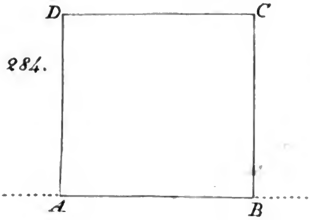


Fig. 285.

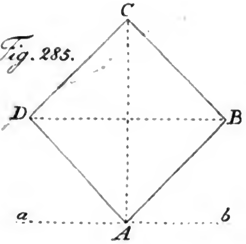


Fig. 288.

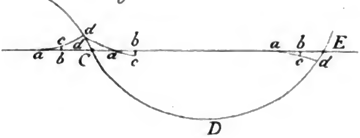


Fig. 287.

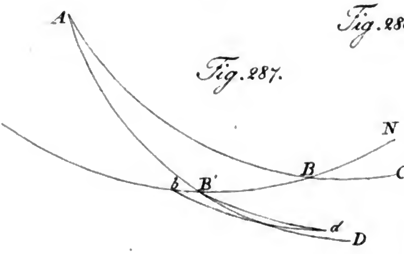
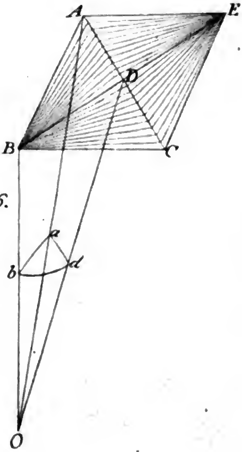


Fig. 286.

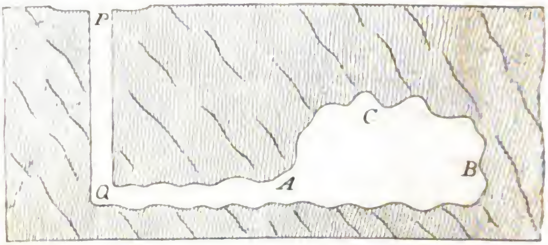


Ant. Karcher sc.

Digitized by Google

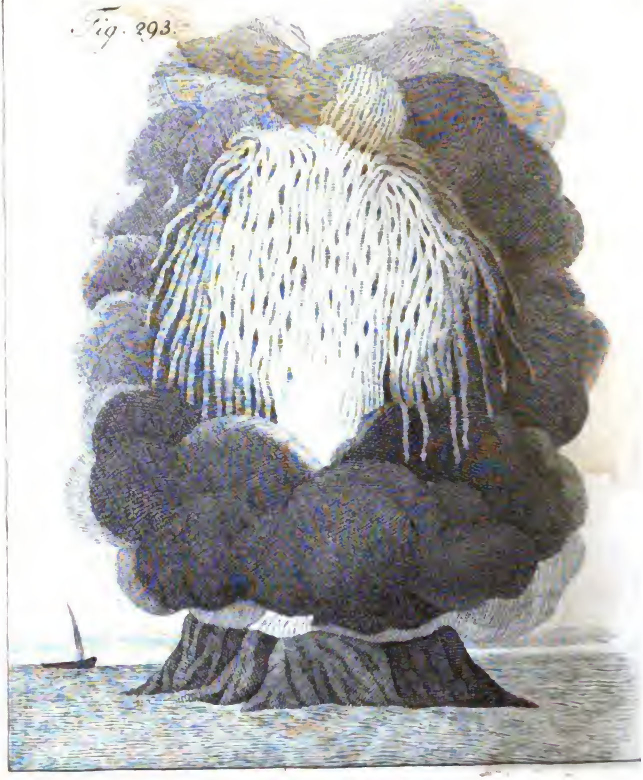
Bd. IX.

Fig



R

Fig. 293.



Digitized by Google

Fig. 291.

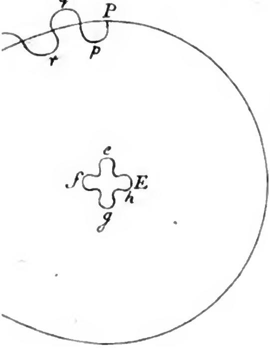


Fig. 294.

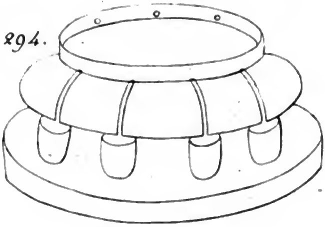


Fig. 292.

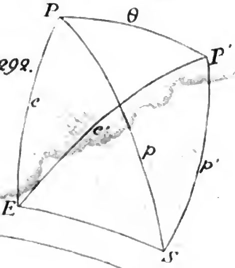
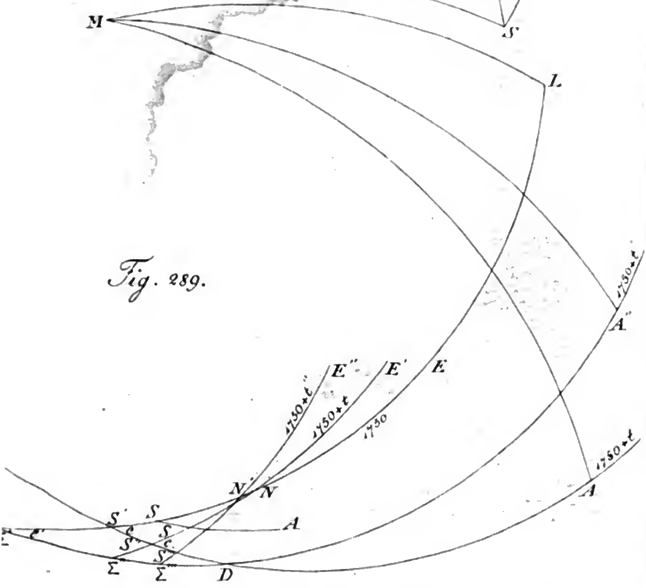


Fig. 289.



Ant. Karcher sc.

BIBLIOT. ... LAUSAN
LIBERTE ET PATRIE

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google